MEMÓRIA MUSCULAR

UM ESTUDO INTERDISCIPLINAR SOBRE A PERFORMANCE NO VIOLONCELO

JOEL SILVA DE SOUZA

Memória muscular

JOEL SILVA DE SOUZA

Memória muscular

Um estudo interdisciplinar sobre a performance no violoncelo

Cultura Acadêmica

Praça da Sé, 108
01001-900 – São Paulo – SP
Tel.: (0xx11) 3242-7171
Fax: (0xx11) 3242-7172
www.editoraunesp.com.br
www.livrariaunesp.com.br
atendimento.editora@unesp.br

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Elaborado por Vagner Rodolfo da Silva – CRB-8/9410

S729m Souza, Joel Silva de

Memória muscular : um estudo interdisciplinar sobre a performance no violoncelo / Joel Silva de Souza. – São Paulo : Cultura Acadêmica Digital, 2022.

Inclui bibliografia.
ISBN: 978-65-5954-250-5 (eBook)

1. Música. 2. Violoncelo. I. Título.

CDD 787.4
2022-2132 CDU 787.3

Índice para catálogo sistemático:

1. Música : Violoncelo 787.4
2. Música : Violoncelo 787.3

Este livro é publicado pelo Programa de Publicações Digitais da Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP)

Editora afiliada:

Para meus pais, meu porto seguro.
Para Elaine, amor da minha vida.
Para Guilherme e Lucas, frutos desse amor.

Agradeço

Ao professor Nahim Marun Filho, pelo aceite, pelo incentivo e pela inestimável orientação para concluir minha tese de doutorado.

À professora Valerie Albright, pelo apoio em toda a minha carreira acadêmica e pela preciosa amizade.

Aos professores Luiz Amato e Ricardo Lobo Kubala, pela amizade, apoio e sugestões sempre pertinentes.

Ao professor Robert Suetholz, pelo incentivo e por disponibilizar seu tempo e paciência na ajuda com a revisão.

À professora Graziela Bortz, pela ajuda bibliográfica.

Aos colegas Elisa Fukuda, Ricardo Takahashi e Silvio Catto, do Quarteto Camargo Guarnieri, pela grande amizade, apoio e compreensão.

Ao meu querido irmão, Danilo, por toda ajuda, principalmente na revisão e indispensáveis conversas.

Aos meus pais, Joel e Edenilde, pelo amor incondicional, cuidado, incentivo e por serem exemplos de dedicação e renúncia aos filhos.

À minha esposa Elaine, pela constante dedicação, apoio, perseverança, incentivo, paciência e companheirismo.

Aos meus filhos, Guilherme e Lucas, pela constante inspiração, inesgotável alegria e carinho.

A Deus, por tudo.

"Anatomists today would be hard put to identify the brain of a visual artist, a writer or a mathematician, but they would recognize the brain of a professional musician without moment's hesitation."

Oliver Sacks

SUMÁRIO

Introdução

Considerações iniciais e delimitação do problema

Os violoncelistas praticam seus instrumentos durante quase toda a vida. Fazem isso muitas horas por dia e de maneira repetitiva, até alcançarem os objetivos musicais desejados. Sempre que possível, recorrem aos conceitos básicos da técnica instrumental aprendida, no intuito de aperfeiçoar seus movimentos, por exemplo, para aprender uma nova música ou aprender uma técnica mais avançada. Esse processo de aprendizagem depende do estudo por repetições, necessárias para a memorização e aperfeiçoamento dos movimentos. Porém, para muitos violoncelistas, o trabalho por repetição parece não trazer benefícios e a inconsistência e imprecisão dos resultados costumam gerar grande frustração. Uma afinação precisa no violoncelo, por exemplo, é um requisito mínimo para a performance musical profissional, o que, por vezes, parece inalcançável. Conhecer a melhor maneira de estudar, a quantidade ideal de horas, diariamente, quantas repetições são necessárias, o que fazer para estar sempre afinado e qual o motivo de, no dia seguinte, parecer que nada foi memorizado são, entre outras, questões recorrentes e comuns aos violoncelistas.

No contexto do estudo do violoncelo, muito conhecimento verbal foi transmitido ao longo das gerações, tendo o conhecimento da

técnica passado por uma verdadeira seleção natural. Como resultado da prática, essa evolução por tentativa e erro ocorreu em todo o mundo, desenvolvendo escolas específicas de ensino violoncelístico que são seguidas ainda hoje. Essas escolas, em um mundo cada vez mais globalizado e compartilhado, começam a se fundir, porque professores e alunos podem escolher o que há de melhor em cada uma. Porém, ainda há muitas dúvidas sobre qual sistema é mais eficiente e otimizado para se estudar o violoncelo.

Após séculos de desenvolvimento dos aspectos particulares da técnica do violoncelo, entramos numa era de natureza interdisciplinar, ou seja, caracterizada pela busca de respostas em outras áreas do conhecimento. Nas últimas décadas, a Neurociência, Cognição, Psicologia Cognitiva e Educação Física avançaram muito nas pesquisas sobre a aprendizagem motora, incluindo memórias motora de precisão, principalmente nos estudos realizados com músicos. Essas pesquisas podem auxiliar sobremaneira na eficácia do aprendizado e da prática; o resultado poderá gerar uma proposta técnica e pedagógica inovadora de um sistema de aprendizado sensório-motor mais eficiente, baseado em informações científicas. Dessa forma, pretende-se que este trabalho sirva de referência para músicos e educadores, não só de violoncelo, mas também de outros instrumentos, a fim de que se evitem práticas de repetições prejudiciais e que a aprendizagem e a performance sejam otimizadas.

Objetivos

Esta pesquisa, de natureza bibliográfica, tem como objetivos:

Analisar os aspectos neurocientíficos e psicológico-cognitivos relacionados à memória muscular, ou seja, o aprendizado de memórias sensório-motoras de precisão;

Relacionar as informações pesquisadas, adaptando os conceitos de memória muscular com os aspectos da técnica, repertório e da performance violoncelística, desenvolvendo estratégias de estudo com esses novos resultados;

Desenvolver um sistema básico de aprendizado sensório-motor de precisão com base nos conhecimentos científicos adquiridos com o estudo.

Organização estrutural da obra

De modo introdutório, este capítulo contextualiza os pontos principais para composição e planejamento desta tese, por meio da delimitação do problema e da descrição dos objetivos.

O Capítulo 1 inicia com uma introdução sobre *memória muscular* seguida da delimitação do termo. Apresentam-se os fundamentos neurocientíficos da pesquisa, demonstrando-se, fisiologicamente, como o cérebro aprende e acessa novas memórias motoras e o que acontece em cada nível estrutural a partir do neurônio quando memorizamos. Discute-se a importância do sono e das emoções para a memorização e a possível localização das memórias motoras no cérebro.

No Capítulo 2 podem ser vistos aspectos ligados ao funcionamento da memória na visão psicológica cognitiva, entre os quais, as características funcionais e os tipos de memórias, organizados tanto pelo funcionamento quanto pelo tipo de informação. Na sequência, demonstra-se o funcionamento da memória de trabalho e a formação de *chunks* motores, como principal argumento para a formação do vocabulário motor.

O Capítulo 3 destina-se a apresentar cada um dos três Estágios da Aprendizagem Motora e como eles se aplicam em alunos de Violoncelo. No mesmo capítulo se evidencia a importância do Estudo Preliminar, cujo fundamento são estudos sobre a percepção da performance; também se aborda sobre a importância do estudo lento, com base em estudos sobre as características cognitivas da performance do erro como uma das principais ferramentas para a aprendizagem motora. O capítulo descreve, ainda, sobre a capacidade de *atenção seletiva*, requisito para precisão motora, e sobre a importância da repetição para o aprendizado motor. Apresenta

estratégias de estudo e sugestões para o desenvolvimento de sistemas de aprendizado por repetição ou automatização.

Em seguida, no Capítulo 4, trata-se da aprendizagem da linguagem e a relaciona com a da música e com o papel do vocabulário, adaptando os conceitos de vocabulário motor ao repertório violoncelístico. Nesse processo são selecionadas as principais frentes de aprendizagem e construção de um vocabulário motor abrangente para o violoncelista: escalas, arpejos, cordas duplas, exercícios diários, estudos e repertório de formação. Ao final, são apresentados alguns exemplos e sugestões de soluções técnicas.

Encerra-se este trabalho com algumas conclusões advindas do estudo, nas quais são reforçadas, em síntese, as estratégias para a aquisição de competências motoras e, em atendimento ao objetivo que se delineou para a pesquisa, é sugerido um sistema sensório-motor de precisão para o estudo do violoncelo, com base nos dados e informações científicas coletados ao longo da pesquisa.

1
Memória muscular

O cérebro tem como função controlar toda atividade corporal. Boa parte dessa função diz respeito ao que o corpo faz de maneira automática e inconsciente, independentemente de se estar acordado ou dormindo. No momento em que se pensa algo ou em que surge alguma ideia, o cérebro já tem processado, anterior e inconscientemente, várias informações relacionadas a isso (Lent, 2010). Por exemplo, ao se ler uma frase cujas letras das palavras estejam trocadas, o cérebro processa automaticamente e consegue fazer a leitura correta das palavras, como nesta frase:

> MU TRABALOH SOBER MEMIRÓA MUSCLUAR UO CÉRBERO AUTOMÁITCO

O cérebro tenta, constantemente, automatizar todos os processos comumente necessários, porque dessa forma ele é mais eficaz, mais rápido e mais preciso. Neste trabalho o termo cérebro automático será utilizado para tratar dessa habilidade. O corpo humano é controlado muito mais pelo cérebro automático, ou mente inconsciente, do que pela mente consciente. Escovar os dentes, vestir-se, mudar a marcha do carro ou digitar no computador com agilidade são atividades que o ser humano faz sem pensar, inconscientemente (ibidem,

2010, p.668). Quando se vê uma pessoa desconhecida, nas primeiras frações de segundos o cérebro automático já julgou a pessoa em diversos atributos, por exemplo, se ela é confiável, competente ou atrativa, antes mesmo de a consciência o ter feito. Com capacidade para fazer duas ou três atividades e processar apenas quatro ou cinco informações ao mesmo tempo, a mente consciente é extremamente limitada e é utilizada geralmente para processar informações novas e/ou importantes. Acredita-se que a mente inconsciente processa até duzentas mil vezes mais dados do que a mente consciente (Callegaro, 2011).

Durante a performance de um instrumento musical, não há tempo para que todas as informações importantes e necessárias para essa atividade sejam processadas, tanto as de aspectos técnicos quanto as de aspectos musicais, ou seja, essas informações precisam ser automatizadas para que a performance flua de maneira orgânica e convincente. Dessa forma, o músico fica livre para realmente senti-las e transmiti-las durante a performance. Este trabalho pesquisa o cérebro automático para memórias motoras, que aqui também será chamado de memória muscular, tão importante para a performance de um instrumento musical que depende de extrema precisão motora, como o violoncelo.

Delimitação do termo

O termo *memória muscular* pode suscitar alguma confusão, haja vista que, como qualquer objeto de estudo, pode ser concebido de formas diferentes, portanto, ter diversos significados, em diferentes áreas do conhecimento. Tome-se como exemplo o estudo sobre o cérebro: no modo de ver dos psicólogos, o cérebro é um órgão capaz de comandar o comportamento e a consciência; na visão dos neurobiólogos, trata-se de um conjunto de células que se tocam através de finos prolongamentos, formando trilhões de complexos circuitos; tem-se, ainda, a ótica dos neuroquímicos, para quem o cérebro é visto como reações químicas que ocorrem entre as moléculas existentes dentro e fora das células nervosas.

Memória muscular também pode ter diferentes significados, todos verdadeiros e igualmente importantes. Por exemplo, as áreas de educação física e biologia atribuem o termo à capacidade muscular de recuperar suas estruturas, força e tamanho mais rapidamente, após um longo período de inatividade e perda de massa muscular, a exemplo daqueles que sofreram alguma hipertrofia muscular, anteriormente (Gundersen, 2016).

Nesta pesquisa, o significado do termo que se utilizará para memória muscular é o da Neurociência Cognitiva:

> A Neurociência cognitiva trata das capacidades mentais mais complexas, geralmente típicas do homem, como a linguagem, a autoconsciência, a memória etc. Pode ser também chamada de Neuropsicologia. É claro que os limites entre essas disciplinas não são nítidos, o que nos obriga a saltar de um nível a outro, ou seja, de uma disciplina a outra, sempre que tentamos compreender o funcionamento do sistema nervoso. (Lent, 2010, p.6)

Portanto, neste estudo, memória muscular está relacionada à aprendizagem motora de precisão do cérebro automático, conforme explicitado neste texto:

> Aprendizagem de habilidades motoras geralmente se refere a mudanças neuronais que permitem que um organismo realize uma tarefa motora de maneira melhor, mais rápida ou mais precisa do que antes. Além dessa compreensão aceita do uso comum da palavra, há pouca concordância na literatura sobre uma definição científica mais precisa [...] o termo aprendizagem de habilidades refere-se a melhorias na precisão ou velocidade em uma ampla variedade de tarefas, incluindo a série tempo de reação, toque de dedo sequencial rápido, controle de força sequencial, rastreamento visual, rastreamento, sinergia ou tarefas de configuração manual. Em contraste com a adaptação, o aprendizado de habilidades tipicamente envolve a geração de um novo padrão de movimento

e é caracterizado por mudanças na relação velocidade-precisão.[1] (Diedrichsen; Kornysheva, 2015, tradução nossa)

Neste trabalho, apresentam-se informações de base neurofisiológicas, ainda que não se tenha o objetivo de aprofundar essa área da medicina, da fisiologia do sistema nervoso; a intenção é tão somente de cunho informativo, tendo em vista os estudos com músicos, cujas abordagens servirão, mais adiante, neste trabalho, para ilustrar as regiões cerebrais de funções motoras e de funções relacionadas à performance de um instrumento musical. Essas informações de base neurofisiológicas também são utilizadas para explicitar como as estruturas do sistema nervoso sofrem modificações a cada simples tentativa motora ou repetição de movimentos comuns na prática de um instrumento, desde as menores, como o neurônio, até as maiores, como o cérebro, o encéfalo e os sistemas periféricos. Essas informações são de grande importância para fundamentar os conceitos científicos relativos a este trabalho, como vocabulário motor, estudo preliminar e a importância de repetição e do estudo lento para o aprendizado.

Como tudo acontece no cérebro

Estima-se que o cérebro humano contenha um impressionante total de 86 bilhões de neurônios,[2] com conexões múltiplas (cerca

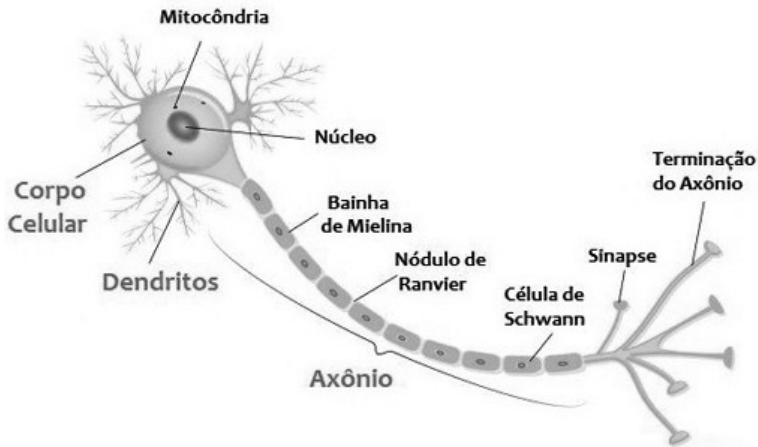
---

1 *"Motor skill learning generally refers to neuronal changes that allow an organism to accomplish a motor task better, faster, or more accurately than before. Beyond this accepted understanding of the common use of the word, there is little agreement in the literature about a more precise, scientific definition [...] the term skill learning refers to improvements in accuracy or speed in a wide variety of tasks, including the serial reaction time, fast sequential finger tapping, sequential force control, visual tracing, tracking, and synergy or hand configuration tasks. In contrast to adaptation, skill learning typically involves the generation of a novel movement pattern, and is characterized by shifts in the speed-accuracy relationship."*

2 *Neurônio* é a principal unidade celular do sistema nervoso adaptada para transmissão e processamento de sinais (Lent, 2010, p.4).

de mil a dez mil conexões em cada neurônio, alguns deles podendo alcançar vinte mil conexões) chamadas de *sinapses*,[3] emaranhados por todas as direções possíveis. Eles formam, desse modo, a vasta rede celular, cerca de cem trilhões de conexões possíveis, que faz com que as pessoas sejam capazes de pensar e de desenvolver a consciência. Com a ajuda da neurociência, hoje é possível saber que aprender uma nova habilidade motora, como tocar violoncelo, muda literalmente as estruturas físicas contidas no nosso cérebro e que, com o envelhecimento, essa aprendizagem fica cada vez mais difícil (Lent, 2010).

Figura 1 – Neurônio

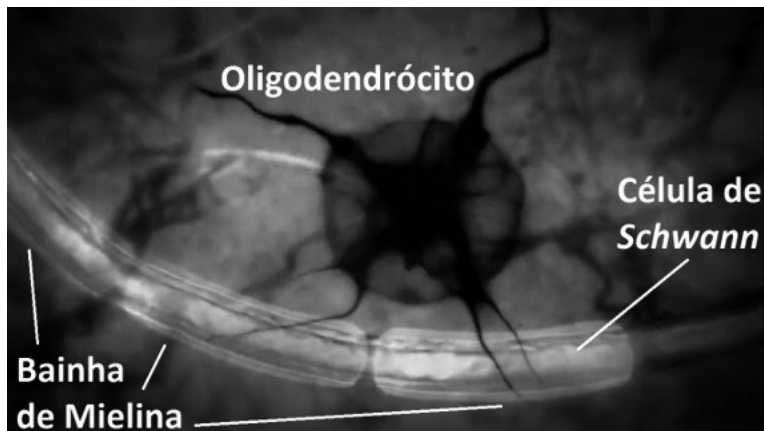
Fonte: http://nerdscolam.blogspot.com/2016/06/tecido-nervoso-neuronio-machado.html

Com a prática de uma nova habilidade motora, os *axônios* de neurônios utilizados com mais frequência para executar essa habilidade começam a se transformar. O *axônio* (Figura 1) é o

3 *Sinapses* são estruturas de comunicação entre os neurônios que consistem em uma zona de contato entre dois neurônios ou entre um neurônio e uma célula muscular ou glandular. É capaz não só de transmitir mensagens, mas também de bloqueá-las ou modificá-las inteiramente: realiza um verdadeiro processamento de informação (Lent, 2010, p.107).

prolongamento dos neurônios, responsável pela condução dos impulsos elétricos que partem do corpo celular até a outra extremidade, que pode se conectar a outro neurônio ou um músculo. Alguns axônios de neurônios de um humano adulto podem chegar a um metro de comprimento (ibidem, 2010).

Essa maior atividade nos axônios atrai a atenção de células chamadas *oligodendrócitos* (figuras 2 e 3), que constroem esses reforços ao redor do axônio, chamados de *bainha de mielina*, formada por *células de Schwann*[4] (cf. figuras 1 e 2), células essencialmente de gordura, transformando o axônio em uma espécie de cabo condutor mais espesso, formando uma rede de neurônios fortalecidos. Essa grande rede de neurônios mielinizados[5] chama-se de *matéria branca* (ibidem, 2010).

Figura 2 – Oligodendrócito construindo a bainha mielina com células de Schwann

Fonte: https://www.dailymotion.com/video/x6syf9h

4 A *célula de Schwann* foi identificada pelo fisiologista alemão Theodor Schwann (1810-1882) (Lent, 2010).

5 Neurônios reforçados pela *bainha de Mielina*.

Figura 3 – Oligodendrócitos

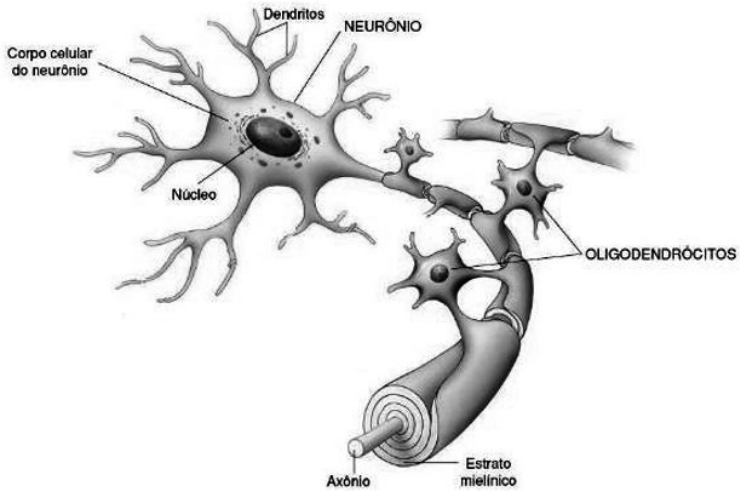
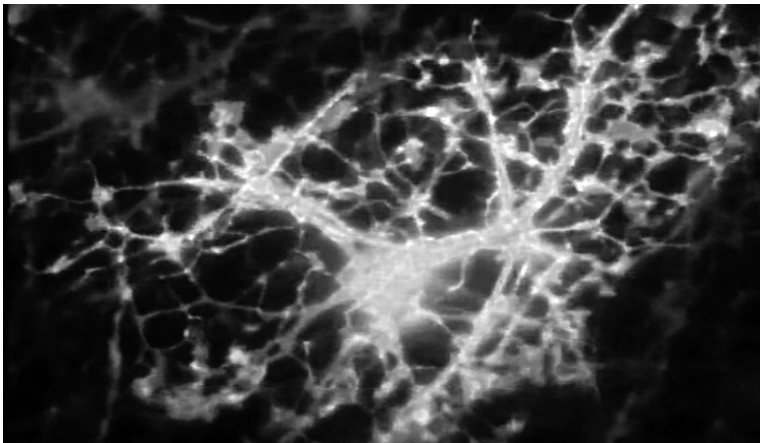
Fonte: https://docplayer.com.br/1918803-tecido-nervoso-1-introducao.html

Na Figura 4, é possível ver os neurônios de ratos sendo mielinizados, em uma imagem capturada com contraste.

Figura 4 – Neurônios de ratos sendo mielinizados, indicados em contraste

Fonte: https://www.dailymotion.com/video/x6syf9h

Esse processo de mielinização aumenta a velocidade do sinal elétrico, transmitindo impulsos elétricos até cem vezes mais rápido. Isso significa, por exemplo, que os neurônios motores da medula espinhal podem enviar um impulso de comando para os músculos de seu polegar em aproximadamente vinte milésimos de segundo (ibidem, 2010). Esse é o processo que cria a sensação de que tudo está no seu devido lugar, como no caso de quando um instrumentista toca algum trecho musical que foi muito praticado. Com os axônios mais revestidos, transmitindo informações muito mais rapidamente, uma nova habilidade se torna fácil, demonstrando quão importante é o processo de mielinização para a aprendizagem motora. Mesmo quando adultos, não se domina uma nova habilidade motora sem passar por esse processo. É exatamente o que ocorre na primeira infância, quando se aprende a andar, falar, escrever e tocar, atividades que são automáticas. Todos têm a habilidade de aprender novas atividades motoras, porém, isso se torna mais difícil à medida que ficamos mais velhos.

Aprendizado nas crianças

Há diferenças de aprendizado motor de uma criança em comparação com o de um adulto. As crianças aprendem tudo muito mais rápido por terem uma vantagem biológica distinta dos adultos, o que ajuda a explicar a preferência de professores de música por ensinar um instrumento ainda na infância.

Toda a matéria branca forma estruturas subcorticais que atuam interligando áreas encefálicas, sem as quais toda a atividade inteligente do córtex seria esparsa e descoordenada. As mensagens ou comandos provenientes do córtex seguem por esses feixes de fibras brancas que as carregam para áreas específicas, formando as redes neurais, que correspondem a cerca de metade do volume cerebral.

A matéria branca (figuras 5 e 6) é produzida em maior quantidade nas crianças; à medida que elas crescem, essas redes neurais tornam-se mais fixas e com menos recursos (Rhoton, 2007).

Figura 5 – Matéria branca: corte coronal (vertical)

Fonte: https://meucerebro.com/redes-neurais-substancia-branca/

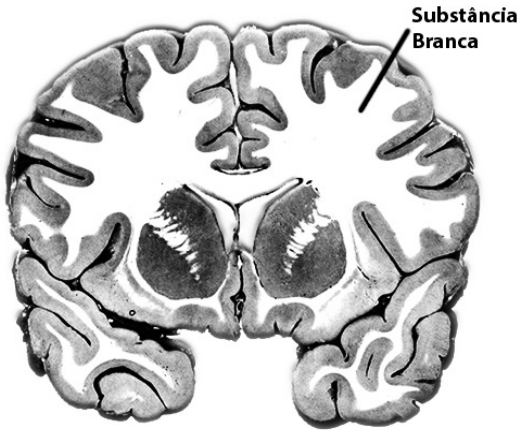
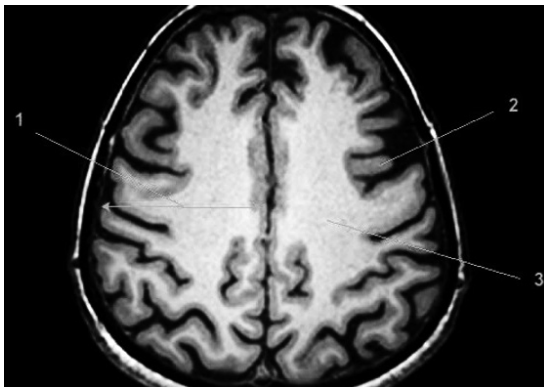



Figura 6 – Ressonância magnética do cérebro: corte axial (horizontal): (1) hemisfério cerebral; (2) matéria cinzenta; (3) matéria branca

Fonte: http://w-radiologia.pt/ressonancia-magnetica-cerebral.php

Ao longo de toda a vida, o ser humano desenvolve habilidades fundamentais, aprendendo a controlar o corpo para executar tarefas complexas e se comunicar. Esse processo transforma crianças indefesas em indivíduos altamente qualificados, capazes de navegar pelo complexo mundo social, interpretando emoções e pensamentos,

adaptando-se a um ambiente em constante mudança, remodelando-se, literalmente, para lidar com todas as demandas que se apresentem. Todo esse aprendizado tem fundamental importância no cérebro, relativamente à memória e seu complexo funcionamento, que será a próxima abordagem.

Como são arquivadas as memórias

É fundamental saber como são arquivadas as memórias e, posteriormente, como recuperá-las. Para aprender uma nova palavra, por exemplo, é enviada para o cérebro uma informação sensorial através dos olhos, dos ouvidos, da pronúncia da palavra em voz alta e aprendendo o significado dela. Todos esses sentidos estimulam – inclusive na execução de uma música – diferentes partes do cérebro (Figura 7), quais sejam:

1. o *córtex visual*, que processa a informação que chega da retina para a formação da memória visual.
2. o *córtex auditivo*, que é responsável pelo processamento da informação auditiva vinda da cóclea, no ouvido interno.
3. o *lobo temporal anterior*, onde reside o senso de significado e é responsável por armazenar os eventos passados. Nele está localizado o neocórtex temporal, uma região potencialmente envolvida com memória de longo prazo. Aqui também se encontram estruturas relacionadas à memória declarativa (ver "Tipos de memória"), ou seja, aquela em que se guardam fatos e eventos.

Para gravar uma nova memória, as conexões entre essas três partes distintas precisam ser fortalecidas gradualmente, formando um mapa para cada memória, um padrão único, codificado e armazenado pelo cérebro. Na Figura 8 visualiza-se uma imagem real do início do processo de criação de uma memória. Os pequenos pontos brancos são moléculas de RNA mensageiro preparando-se para capturar a memória, viajando pelos neurônios até seus pontos de junção.

Figura 7 – Córtex auditivo, córtex visual e lobo temporal anterior

Fonte: http://www.clker.com/clipart-anterior-temporal-lobe.html

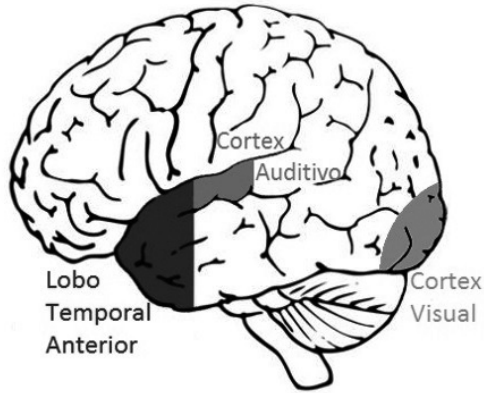
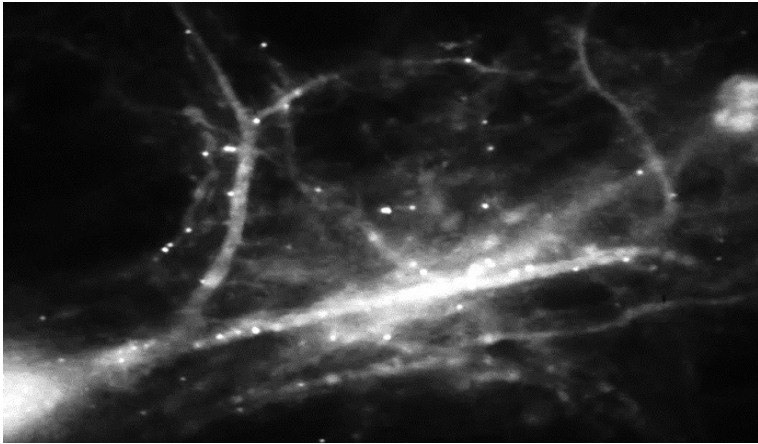



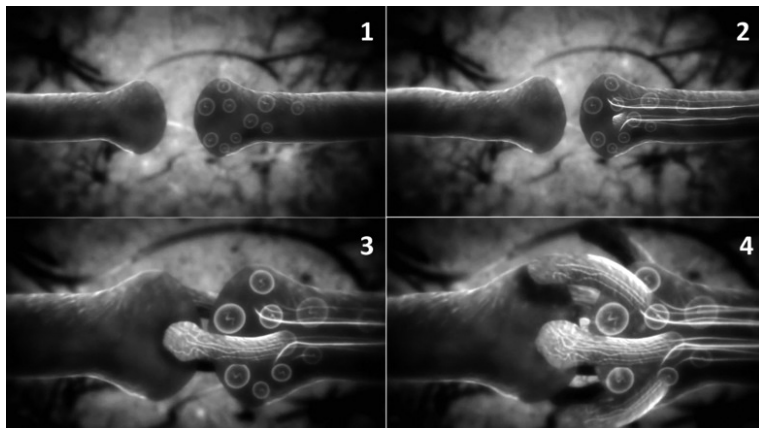
Figura 8 – mRNA (ácido ribonucleico mensageiro) viajando dentro de uma célula cerebral viva[6]

Fonte: http://www.einstein.yu.edu/news/releases/968/watching-molecules-morph-into--memories/

---

6 Pesquisadores do Albert Einstein College of Medicine desenvolveram um modelo em ratos em que as moléculas cruciais para formarem as memórias (mRNA) foram localizadas com marcadores fluorescentes para que pudessem ser rastreadas. Esta foto mostra-os viajando dentro de uma célula cerebral viva em tempo real.

O mRNA permanece na sinapse até ser ativada por um impulso sensorial, como a repetição do som de uma nova palavra ou de movimento. Isso desencadeia a produção de novas proteínas estruturais que fortalecem as conexões nas sinapses. Quanto mais forem ativados, mais fortes serão as conexões (Figura 9).

Figura 9 – Fortalecimento das conexões nas sinapses

Fonte: https://www.dailymotion.com/video/x6syf9h

Engrama: a unidade e a localização da memória

Também chamado de *traço mnésico* ou "traço de memória", o *engrama* cerebral é o traço ou caminho permanente deixado por um estímulo no tecido nervoso (rede neural), considerado também a representação física de uma memória. É o circuito nervoso facilitado, resultante de aprendizado, experiência ou treinamento (repetição), no qual as sinapses interneuronais se tornam mais amplas, mais secretantes de neurotransmissores e mais ricas em receptores pós-sinápticos, e, portanto, capazes de transmitir mais rapidamente e intensamente os impulsos, estabelecendo a memória consolidada. O engrama cerebral é também a representação física da localização de uma memória. Uma habilidade aprendida e executada várias

vezes deixa uma marcação no córtex motor. Engramas utilizados para movimentos extremamente rápidos são chamados de engramas motores. Quando há uma situação parecida com outra "memorizada" anteriormente no cérebro, esses engramas lançam mão dos mecanismos de ajuste para adequar o movimento aprendido anteriormente ao movimento necessário no momento atual (Lebra, 2011), descrição fisiológica da formação dos agrupamentos de memórias motoras ou *chunks* (ver em "Tipos de Memórias").

A fragilidade das recordações recentes é sempre maior que a das recordações antigas, sugerindo uma localização diferente ou alguma estratificação da memória em função do tempo. Parece haver independência entre a estocagem de curto e a de longo prazo. A aquisição mnésica em duas etapas sucessivas (registro e consolidação) sugere a existência de dois mecanismos fisiológicos. Investigações recentes sugerem que a fase de memorização (registro) depende de um processo de caráter eletrofisiológico, enquanto a fase de consolidação depende de um processo bioquímico. A ativação (repetição) determinaria a formação de novas sinapses e a hipertrofia das já existentes (Lent, 2010).

As possibilidades de uma informação ser gravada estão fortemente ligadas às emoções associadas a essa informação, o que explica o papel do *sistema límbico*[7] no funcionamento da memória. A memorização (formação de engramas) ocorreria principalmente no sistema hipocampo – corpo mamilar – e, posteriormente, os engramas seriam transferidos para o neocórtex. Portanto, a memória não pode ser atribuída a uma região encefálica determinada, mas de múltiplos circuitos neuronais e estruturas corticais e subcorticais (Lebra, 2011).

Nicolelis (2011) defende a visão neurocientífica distribucionista, segundo a qual o cérebro trabalha como um todo integrado, com várias áreas de processamento em paralelo, distribuído em populações de neurônios, em contradição com a visão localizacionista, cuja

7 *Sistema límbico* é a rede neural responsável pelas emoções e comportamentos sociais.

concepção é de que existem áreas cerebrais especializadas em certas funções mentais, que buscam prever habilidades psicológicas a partir de assimetrias cranianas. Metáforas como a das tempestades cerebrais são muito utilizadas para demonstrar que o "reducionismo" não é o caminho correto para os estudos do cérebro; segundo esse mesmo autor e neurocientista, o correto é considerarem-se populações de neurônios como a unidade funcional do cérebro. Através dos inúmeros dados experimentais apresentados em sua pesquisa, Nicolelis sugere que se deva adotar o distribucionismo e suas consequências, como modelo.

> [...] o cérebro humano também é um escultor relativístico; um habilidoso artesão que delicadamente funde espaço e tempo neuronais num continuum orgânico capaz de criar tudo que somos capazes de ver e sentir como realidade, incluindo nosso próprio senso de ser e existir. [...] nas próximas décadas, ao combinar essa visão relativística do cérebro com nossa crescente capacidade tecnológica de ouvir e decodificar sinfonias neuronais cada vez mais complexas, a neurociência acabará expandindo a limites quase inimagináveis a capacidade humana, que passará a se expressar muito além das fronteiras e limitações impostas tanto por nosso frágil corpo de primatas como por nosso senso de eu (Nicolelis, 2011, p.22).

A pesquisa de ponta desse autor mostra que máquinas podem "ler pensamentos" e traduzi-los em comandos computacionais, fazendo com que até um primata, em seu laboratório, controle um robô do outro lado do mundo, demonstrando como o cérebro cria o pensamento, a noção que o ser humano tem de sua própria existência e como essa existência pode ser incrementada com o auxílio de máquinas. Mas o debate sobre o funcionamento do cérebro, sobre o modo como fisiologicamente funciona a memória e sua localização ainda está longe de ser encerrado.

É durante o sono que se memoriza

Para realmente fixar novas memórias, eventualmente, é necessário que as atividades sejam paradas e se durma. Descobriu-se, recentemente, que o cérebro fortalece ativamente as redes neurais de memória durante o sono e, praticamente, dobram-se as chances de lembrar o que foi aprendido. Segundo Cairney (2017), existem cinco diferentes fases do sono, algumas com funções vitais que não podem ser alcançadas quando se está acordado. Uma dessas funções críticas é ajudar a fixar as memórias. Acredita-se que durante o sono o cérebro seleciona quais memórias irão permanecer e quais irão se perder. Para comprovar esse fato, Cairney desenvolve um experimento em que aplica uma série de testes psicológicos com os participantes.

Trata-se do seguinte: em uma tela de computador os participantes viam uma figura, ao mesmo tempo que ouviam uma palavra e tentavam associá-las. Por exemplo: ouvem a palavra "faca" e veem a figura de uma maçã. Numa sala preparada, o participante dorme e, durante esse sono, é monitorado por um eletroencefalograma (EEG) até atingir a fase do sono de ondas lentas, fase crítica para a formação da memória. Nesses momentos, são reproduzidas algumas das palavras que o participante aprendeu anteriormente, em áudio, no quarto em que ele dorme. O experimento mostrou que as palavras escutadas durante o sono foram mais fáceis de lembrar quando associadas às imagens fortalecidas. Os resultados evidenciaram, também, que os participantes que dormiram tiveram um desempenho muito maior do que os que fizeram o teste sem dormir, e que o sono de ondas lentas, ao mesmo tempo que fortalece as informações importantes, ele apaga as informações irrelevantes (Cairney, 2017).

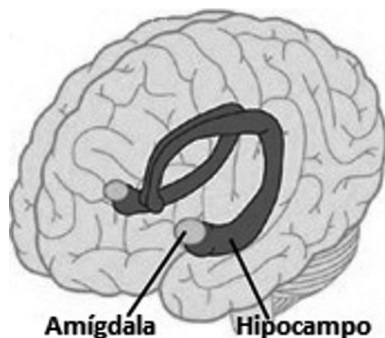
Já é do conhecimento da maioria das pessoas que dormir é importante, pelo fato de se sentirem revigoradas e de que um terço da vida é gasto dormindo. Conclui-se, por meio do experimento relatado, que é durante o sono que as memórias relevantes são selecionadas e fortalecidas, tornando-se menos propensas a serem esquecidas ao acordar.

Como as memórias são acessadas

Até este ponto do capítulo tratou-se de como as memórias interpretadas pelo cérebro como mais importantes são armazenadas. No entanto, principalmente em momentos críticos, não é tão fácil recordar essas memórias, quando necessárias, como numa performance musical, por exemplo. Se for possível acessar o mapa de redes neurais da memória criado quando se aprendeu uma determinada música, também será possível lembrá-la.

Enquanto as memórias são armazenadas no Córtex, o Hipocampo é a parte crítica do cérebro responsável por relembrar as informações, selecionar e armazenar fatos, eventos importantes, questões espaciais e, ainda, reconhecer novidades. Como um mestre de cerimônias, o Hipocampo conecta as regiões do cérebro envolvidas na criação da memória (córtex visual e auditório; cf. Figura 7), reunindo o som, visão e significado do que foi aprendido, emergindo na consciência. Essa estrutura é muito importante para converter a memória de curto prazo em memória de longo prazo (ver Tipos de Memórias). O hipocampo está mais envolvido no registro e decifração dos padrões perceptuais do que nas reações emocionais. Atua interagindo com a *Amígdala*, que é mais responsável por essas reações emocionais.

Figura 10 – Amígdala e hipocampo

Fonte: https://www.emaze.com/@acwqlwif

Pesquisas recentes demonstram que no cérebro dos bebês formam-se memórias que, entretanto, não são lembradas posteriormente, ao longo da vida. A razão por que assim acontece é que o hipocampo, também crucial para recordar as memórias, não amadurece até por volta dos 4 anos de idade. Ou seja, em bebês, as memórias são registradas de modo a não poderem ser acessadas novamente, pois sem a chave para desbloquear o hipocampo elas acabam se perdendo. Estudos indicam também que lesões no hipocampo impedem as pessoas de construir novas memórias (Lent, 2010).

A importância das emoções para a memória

Memórias não são apenas fatos e números. Além de toda informação sensorial percebida pelos sentidos, elas também se entrelaçam às emoções e ocupam o centro da identidade e personalidade das pessoas. As memórias mais nítidas são as de conteúdo emocional forte. Todas as memórias são carregadas de algum grau de emoção. No ser humano não existe nenhum pensamento, desde a percepção, formação e evocação de memórias, isento de algum tipo e grau de emoção (Izquierdo, 2004).

Quando o ser humano domina a linguagem e se torna mais independente, passa a interagir com mais pessoas. Para sobreviver em um mundo social complexo, é preciso aprender a colaborar e cooperar uns com os outros, ou seja, aprender a entender as necessidades e os desejos dos outros, a se socializar. Uma das maneiras de entender o outro é através das expressões faciais e corporais – que transmitem emoções –, por meio da aguçada capacidade de ler expressões faciais de outras pessoas, quase a ponto de se saber o que estão pensando. A *amígdala* é a principal responsável por essa habilidade.

A amígdala (Figura 10) é o centro integrativo das emoções, do comportamento emocional e da motivação. É responsável por regular funções de medo e ansiedade, agressividade, reconhecimento de emoções e reações emocionais prazerosas, por associação de

estímulos com aspectos recompensatórios. Ela é importante tanto para o reconhecimento e a interpretação das emoções primárias, quanto para formação de memórias emocionais, além de seu papel na expressão fisiológica das respostas emocionais. Essas associações realizadas entre emoções e estímulos permitem que os medos e suas reações sejam aprendidos, fazendo com que o organismo reaja de forma cada vez mais rápida, garantindo melhor sobrevivência (Lent, 2010).

O cérebro está sempre alerta para ameaças ou recompensas. Se uma delas é detectada, o sistema límbico envia sinais químicos. As emoções são o efeito desses sinais químicos com reflexos por todo o corpo. Quando o cérebro detecta uma ameaça em potencial, são liberados hormônios do estresse, adrenalina e cortisol, que preparam o corpo para uma resposta de luta ou de fuga. Quando algo recompensador é detectado, o cérebro libera dopamina, ocitocina ou serotonina, hormônios do prazer que motivam a continuar com uma tarefa ou comportamento.

A Amígdala funciona antes das áreas do raciocínio e, em muitos casos, impede que se pense racionalmente. Tome-se como exemplo o medo de palco, que pode descontrolar o músico e prejudicar a performance. As emoções tomam conta do cérebro e apenas imaginar algo ameaçador ou estressante pode disparar uma resposta emocional de luta ou fuga. É possível regular e controlar as emoções através de um pensamento consciente, previamente programado. As emoções possuem papel importante na forma como as pessoas encaram o mundo, como por empatia, aprendendo a cuidar uns dos outros. Acredita-se que isso evoluiu nos humanos muito antes do desenvolvimento da linguagem (Albuquerque; Silva, 2009, p.1-18).

Outro modelo funcional do encéfalo[8] (Figura 11) concebe o cerebelo como um comparador entre as instruções de comando geradas pelo córtex motor e a tarefa executada pelos músculos. O cerebelo é a parte responsável pela manutenção do equilíbrio, pelo controle do

---

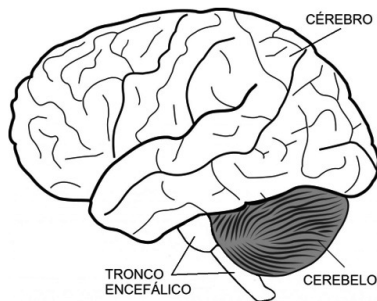
8 O encéfalo – composto por tronco encefálico, cerebelo e cérebro – é a parte superior do sistema nervoso central (SNC) que controla o organismo (Lent, 2010, p.9).

tônus muscular, dos movimentos voluntários e pela aprendizagem motora. Como o cerebelo demonstradamente recebe informações multissensoriais (proprioceptivas, visuais, labirínticas, somestésicas[9]), sua tarefa seria compará-las com uma cópia (a "cópia eferente", assunto que será tratado mais adiante neste trabalho) dos comandos motores originados no córtex e veiculados pelas projeções que chegam através dos núcleos pontinos[10]. Dessa comparação resulta o envio de instruções corretivas ao córtex motor, que eliminam erros e diminuem as oscilações dos movimentos durante a sua execução (Lent, 2010).

Recentemente descobriu-se que o cerebelo participa de funções mentais, apresentando fluxo sanguíneo aumentado durante a execução de tarefas motoras de natureza superior, como a linguagem, a aprendizagem de movimentos complexos e a execução de movimentos com conteúdo emocional. Assim, o cerebelo não seria apenas uma máquina de controle motor, mas, também, um instrumento de planejamento que contribuiria com a capacidade mental do indivíduo (ibidem, 2010, p.457).

Figura 11 – Encéfalo: cérebro, tronco encefálico e cerebelo

Fonte: http://www.clker.com/clipart-outline-of-brain.html

---

9 *Somestesia* é a capacidade que seres humanos e animais têm de receber informações sobre as diferentes partes do seu corpo. Essas informações podem ser referentes ao meio ambiente ou ao próprio corpo e nem todas se tornam conscientes.

10 Os núcleos pontinos são pequenos aglomerados de neurônios dispersos em toda a base da ponte, estrutura pertencente ao tronco cerebral (Lent, 2010, 457).

É tão importante a expressão de emoções, que ela se manifesta antes mesmo de se aprender a falar. Matéria prima para a atividade artística do músico, as emoções são essencialmente importantes. Ainda mais importante é saber como acessá-las, pois só assim é possível, verdadeiramente, transmiti-las ao público. As emoções ajudam a acessar diversas memórias, mesmo as mais antigas, com mais facilidade. Para Koelsch (2004), os músicos desenvolvem esse processo em suas performances, haja vista que, para transmitir suas próprias emoções, buscam eventos emocionais particulares que ajudam na interpretação da obra, por exemplo, a morte de um parente querido ou o nascimento de um filho, emoções que também ajudam a fixar todas as memórias relacionadas a esses eventos.

> A memória musical é um sistema de representação perceptiva que é concebido como informação representativa sobre a forma e estrutura dos eventos, e não o significado ou outras propriedades associativas. A música é por essência impulsionada perceptivelmente. Ao contrário da fala, a música não está associada a um sistema semântico fixo, embora possa transmitir significado através de outros sistemas, como a análise emocional e memórias associativas (para recuperar informações contextuais, como o título de uma peça, o nome de o cantor, ou seu gênero). As memórias associativas são provavelmente o lócus dos efeitos de preparação semântica observados recentemente entre música e palavras com potenciais cerebrais relacionados ao evento.[11] (Koelsch et al., 2004, tradução nossa)

---

11 *"The musical memory is a perceptual representation system that is conceived as representing information about the form and structure of events, and not the meaning or other associative properties. Music is by essence perceptually driven. Unlike speech, music is not associated with a fixed semantic system, although it may convey meaning through other systems, such as emotional analysis and associative memories (to retrieve contextual information, such as the title of a piece, the name of the singer, or its genre). Associative memories are probably the locus of the semantic priming effects recently observed between music and words with event-related brain potentials."*

Portanto, memórias de habilidades motoras, como as de passagens musicais que desejamos acessar sem dificuldades, são mais bem acessadas quando conectadas a eventos emocionais, principalmente quando associadas a uma história ou a um enredo. É por isso que poucas pessoas no mundo conseguem decorar os 20.000 dígitos do *Pi* (π),[12] mas muitas já decoraram o Hamlet, obra literária de Shakespeare, com quase 50.000 letras. Em um estudo realizado com 24 pessoas, 12 delas tentaram decorar 12 listas com 10 palavras; as outras 12 pessoas decoraram utilizando as mesmas palavras em um enredo criado por elas mesmas. Resultado: as pessoas que decoraram sem enredo acertaram 13%, enquanto as que decoraram com enredo acertaram 93% das listas de palavras (Bower; Clark, 1939).

Técnicas de memorização, como a técnica do Palácio da Memória (ou Método de Loci), são muito utilizadas em competições de memorização de grande quantidade de dígitos numéricos. Inicialmente, atletas de memória transformam pequenos agrupamentos de três números em letras, relacionando-as a palavras ou objetos que trazem fortes relações emocionais, como algo cômico, prazeroso ou de nojo, conectados por um enredo que aconteça em algum ambiente já conhecido ou imaginário, como um palácio ou um prédio, com várias salas conectadas em sequência; em cada parte do enredo há uma sala que precisa ser atravessada, na qual constam os objetos da história. A técnica se desenvolve dessa forma porque, além de aprender facilmente coisas emotivas e com enredo, o cérebro foi feito também para aprender facilmente a localização das coisas (Worthen; Hunt, 2011).

O mesmo processo pode ser aplicado na música; já existe uma codificação de notas e de sons, mas ela pode, também, ser relacionada a palavras de um enredo, local ou cena, de maneira emotiva. Geralmente não existe uma história ou enredo para um concerto, uma sonata ou uma sinfonia. Imagine-se, porém, uma interpretação

---

12 O número Pi (π) é uma constante matemática que representa a razão entre o perímetro e a diâmetro de uma circunferência.

através de um enredo de caráter emotivo, criada para o concerto em Mi menor para violoncelo e orquestra, op. 85, de E. Elgar, a seguir.

Figura 12 – Concerto para Violoncelo e Orquestra de E. Elgar em Mi menor Op. 85, primeira página.

Fonte: Elgar (2005)

Pode-se pensar que os cinco primeiros compassos da pauta introdutória seriam um resumo da história que remete a algo dramático e trágico, como uma história de guerra ou de morte, de um ente querido ou pessoa amada:

Figura 13 – Compassos 1 a 5, introdução do Concerto de E. Elgar em Mi menor

Fonte: Elgar (2005)

Segue-se um breve "lamento" que se faz em tempo *ad libitum*[13] até o compasso 9:

Figura 14 – Compassos 6 a 9 do primeiro movimento do Concerto de E. Elgar em Mi menor

Fonte: Elgar (2005)

A história segue numa valsa triste e quase "inerte", que parece descrever o sofrimento de perda e se desenvolve em drama e dinâmica até finalizar em um grande grito de desespero, representada pela longa escala em Mi menor melódica, em fortíssimo, terminando com o *tutti* orquestral ao fim da primeira página:

13 *Ad libitum* é uma expressão latina que significa "à vontade", "a bel-prazer"; em música se refere ao tempo, frequentemente abreviada como *ad lib.*

Figura 15 – Compassos 15 a 33 do primeiro movimento do Concerto em Mi menor de E. Elgar

Fonte: Elgar (2005)

Nos próximos compassos, pode-se descrever, através da mudança entre modo maior e menor do tema da valsa, a alternância entre a lembrança de momentos bons com o desespero da perda:

Figura 16 – Compassos 55 a 70, primeiro movimento do Concerto de E. Elgar em Mi menor

Fonte: Elgar (2005)

Para se ter um exemplo mais técnico, ainda nesse mesmo concerto, mencione-se a sequência de semicolcheias, a partir do número de ensaio 50 do quarto movimento, por meio da qual é possível imaginar, literalmente, uma fuga dentro de um labirinto, por exemplo:

Figura 17 – Quarto movimento do Concerto de E. Elgar

Fonte: Elgar (2005)

Muitos outros exemplos poderiam ser propostos, como o caráter heroico do concerto em Ré menor, de E. Lalo, ou o caráter feliz e apaixonado do segundo movimento do concerto em Ré maior, de J. Haydn, a alegria do prelúdio da 6ª suíte de J.S. Bach entre outros. Esses enredos podem ser relacionados a vários níveis de análise na obra, desde movimentos técnicos pontuais, como sentido emocional que se dê a um importante salto de mudança de posição da mão esquerda, até enredos mais abrangentes como os das passagens citadas anteriormente. Acessar todas as passagens por meio de enredos e emoções embutidos na obra ajudam de maneira eficaz a memorização motora e a performance de um modo geral. É importante que esse trabalho seja iniciado ainda durante o estudo preliminar, ou seja, no estudo anteriormente feito sem o instrumento (que será abordado mais adiante), através de uma análise de todos os aspectos da obra (histórico, harmônico etc.), e, também, durante as primeiras leituras da obra, a fim de que desde cedo o músico desenvolva essa capacidade de associação motora e emotiva.

2
Definição e tipos de memória

Definição de memória

A mente humana e a compreensão mais detalhada sobre o significado do termo *memória* e seus modelos de processamento no cérebro humano foram amplamente estudados no último século, o que resultou no surgimento de uma nova área, denominada de *psicologia cognitiva*,[1] que, no entanto, tornou-se parte de uma disciplina maior chamada de *ciência cognitiva* (Cummins, 2000, p.14).

A ciência cognitiva inclui os campos da psicologia, filosofia, linguística, antropologia, neurociência e inteligência artificial (Gardner, 1985, p.37), e tem como objetivo descobrir as capacidades representacionais e computacionais da mente humana e suas realizações estruturais e funcionais no cérebro humano (Miller, 2003, p.144). Essa "revolução cognitiva" ofereceu oportunidade para que essa nova área da psicologia pudesse estudar os

> [...] processos mentais humanos, incluindo pensar, resolver problemas e criar. [...] Em segundo lugar, houve a demonstração, por

---

1 *Cognitive Psychology* é o título do livro de Ulric Neisser (1967), considerado por Gardner (1985) como o mais importante trabalho dessa área na época.

> diversos pesquisadores, de que os processos de pensamento humano eram caracterizados por notável regularidade e estrutura. (Gardner, 1999, p.19)

A ciência cognitiva era diferente do modelo teórico anterior, o behaviorismo (anos 1920 aos 1940), cuja concepção era de que o meio ambiente poderia exercer certo poder dominante no comportamento humano. Para o behaviorismo:

> [...] os indivíduos eram vistos como refletidores passivos de várias forças e fatores de seu ambiente, diferindo da proposta cognitivista de que estes podem agir de certa maneira por causa de suas próprias ideias e intenções, ou porque seus aparatos cognitivos contêm determinadas tendências estruturadoras autônomas.[2] (Gardner, 1985, p.11-12, tradução nossa)

Após essa breve contextualização, partindo do estabelecimento da ciência cognitiva, o estudo da memória pôde atingir níveis mais profundos em busca de uma melhor compreensão sobre seu significado, características e funcionamento. A fim de conceituar o termo *memória*, Baddeley comenta que "a memória não é um órgão único como o coração ou o fígado, mas uma aliança de sistemas que trabalham juntos, permitindo-nos aprender com o passado e predizer o futuro" (Baddeley, 2004, p.9, tradução nossa).[3]

O termo *memória*, em sentido mais amplo, diz respeito a vários processos e estruturas envolvidos no armazenamento e recuperação de experiências (Davidoff, 2001, p.205). Para Sternberg (2008, p.156), a memória abrange "[...] mecanismos dinâmicos associados com armazenagem, retenção e acesso à informação sobre a experiência passada".

---

2 *"[...] individuals were seen as passive reflectors of various forces and factors in their environment, differing from the cognitivist proposal that they can act as they do because of their own ideas and intentions, or because their cognitive apparatuses."*

3 *"[...] memory is not a single organ like the heart or liver, but an alliance of systems that work together, allowing us to learn from the past and predict the future."*

Com base nessas concepções, compreende-se que a localização do processamento e armazenamento da memória no cérebro humano não se limita a um único ponto. Pelo contrário, há uma gama variada de regiões cerebrais que estão envolvidas de alguma forma na retenção e na manutenção das informações. Diante desse fato, psicólogos estruturaram alguns tipos de memória a fim de estudá-la de maneira mais clara, sendo possível formular modelos que possam ser reflexos compreensíveis de seu funcionamento.

Tipos de memória

Como um meio de organizar e estruturar o conhecimento sobre a memória humana, Baddeley, Eysenck e Anderson (2010, p.6) defendem a existência de três tipos de memória, a saber: memória sensorial; memória de curto prazo; memória de longo prazo.

Outros tipos ou características da memória serão abordados como memória de trabalho e a formação de *chunks* (agrupamentos).

Memória sensorial

Na percepção auditiva, o ambiente externo pode gerar uma grande quantidade de estímulos sonoros que ingressam à consciência via percepção auditiva, estimulando a memória auditiva, iniciando-se na *memória ecoica*,[4] que "[...] é a persistência de uma grande quantidade de informações auditivas por um pequeno período de tempo, geralmente por volta de 250 ms, e provavelmente não mais que alguns segundos" (Snyder, 2000, p.19, tradução nossa).[5]

---

4 A memória *ecoica*, também conhecida como memória auditiva, é um dos registros sensoriais de memória, específico para informação auditiva.

5 *"[...] is the persistence of a large amount of auditory information for a very short time, usually on the order of 250 ms, and probably no longer than several seconds."*

A primeira fase do processamento de memória começa na memória ecoica, cujo período é muito curto, e cujo início do processo ocorre por meio de um grande número de células nervosas individuais do ouvido. Após a tradução dos estímulos físicos criados pela onda sonora para impulsos elétricos dos nervos auditivos, correspondentes à amplitude e frequência, características acústicas fundamentais do som são extraídas por neurônios com funções especializadas e que trabalham em paralelo a fim de estabelecerem uma categorização perceptiva (ibidem, 2000, p.7 e 19).

Na percepção visual, a *memória icônica* (equivalente visual da memória ecoica) também guarda informação visual por um período de tempo muito curto, que pode ser transferida para armazenagem, ou pode ser apagada. O apagamento ocorre quando outra informação se sobrepõe a essa antes que haja tempo suficiente para a transferência de informações para a armazenagem (Sternberg, 2008, p.163).

Para a *psicologia funcional*[6] existe distinção entre memória primária e memória secundária. A memória primária é a que contém a informação imediatamente presente na consciência, e desaparece no decorrer de poucos segundos, se não for tomada pela atenção. Por outro lado, a memória secundária refere-se à recuperação das informações que já não habitam mais na consciência (Exner apud James, 1980, p.646). Essa diferença indica a distinção moderna entre memória de curto prazo e memória de longo prazo (Brady; Konkle; Alvarez, 2011, p.1).

Memória de curto prazo

A memória de curto prazo é o segundo sistema da memória em que as informações são temporariamente armazenadas (Kalat,

6 "O funcionalismo busca entender o que as pessoas fazem e por que o fazem. [...] Os funcionalistas sustentavam que a chave para o entendimento da mente humana e dos comportamentos era estudar os processos de como e por que a mente funciona da maneira que funciona, em lugar de estudar seus conteúdos e os elementos estruturais". (Sternberg, 2008, p.22).

1999). De acordo com Davidoff (2001), é o centro da consciência. Snyder (2000) refere-se a ela como uma memória imediata, mas menos permanente, pois, se as informações não forem repetidas, se perdem após alguns segundos (em média, de 3 a 5 segundos).

George Miller sugeriu que a memória de curto prazo possui uma capacidade de armazenagem de mais ou menos duas informações entre sete. Isto significa que, além de sua capacidade temporal, há uma limitação do número de informação que ela pode processar (Miller, 1956). Uma informação pode ser algo simples, como um dígito, ou algo mais complexo, como uma palavra. Mesmo sendo sequências ou combinações de dígitos que formam palavras ou grupos numéricos, possivelmente serão retidos na memória de curto prazo, se somarem entre cinco e nove blocos de informação, também chamados de agrupamentos ou *chunks* (Sternberg, 2008, p.164).

Chunking

Motor chunking[7] é um dos principais argumentos para a representação hierárquica das habilidades motoras. Proposto por Lashley, em 1951, o conceito de *motor chunking* ficou novamente em evidência nos últimos anos. Com a aprendizagem, somada à habilidade de concluir a sequência de forma mais rápida e mais precisa, a performance começa a mostrar formações de agrupamentos temporais específicos ou *chunks* (Sakai et al., 2003). Movimentos elementares que são ligados em um *chunk* são recuperados mais rapidamente e com mais precisão do que quando o nível de seleção os aciona individualmente (Rosenbaum et al., 1983). Além de uma produção sequencial mais fluente, essa organização hierárquica também tem vantagem de que *chunks* adquiridos podem ser usados no contexto de novas sequências motoras (Sakai et al., 2003).

Um grande desafio para os pesquisadores é identificar onde começam e onde terminam os *chunks* a partir de dados comportamentais.

---

7 Bloco ou agrupamento motor.

Considerando que as abordagens de pesquisas mais antigas exigem uma média entre as tentativas, os métodos recentes são capazes de detectar *chunks* em um nível de avaliação mais preciso (Wymbs et al., 2012). Tem sido proposto um modelo estatístico que combina tempos de resposta e taxas de erro para detectar os limites de *chunks* com alta precisão. Essa abordagem permite a detecção automática de mudanças em estrutura de *chunks*, ao longo da aprendizagem, e fornece provas, não só para a separação de sequências em *chunks*, mas também para o aumento do comprimento dos *chunks* com a aprendizagem, em sequências concatenadas (Acuna et al., 2014).

Em um nível neural, a formação de *chunks* é provavelmente distribuída através do córtex pré-motor. Um estudo recente em camundongos mostrou padrões de disparo que sugerem um papel importante dos gânglios basais na seleção e performance dos *chunks* (Jin et al., 2014). Essas descobertas são acompanhadas por experimentos de neuroimagem humana que identificam sequências de elementos motores adjacentes em um *chunk*, e que estão relacionadas com aumento de sangue na atividade de oxigênio no putâmen bilateral (Wymbs et al., 2012). Estimulações não invasivas em humanos também demonstraram que o pré-SMA (SMA = área motora suplementar) é crucial para a iniciação do *chunk*. Esses resultados indicam que os gânglios da base, SMA e pré-SMA, desempenham um papel importante em uma representação de *chunks* de movimento, consistente com os papéis propostos de representações do nível de seleção e nível intermediário das habilidades motoras (Kennerley et al., 2004).

A formação de *chunks* na memória

Como afirmado anteriormente, a formação de agrupamentos de habilidades motoras envolve processos hierárquicos. As características provenientes dos movimentos são resultados de suas qualidades que buscam explicar como a percepção (auditiva, tátil ou visual) é organizada no tempo ou no espaço. É possível explicar essas qualidades por meio da proposição de alguns princípios de percepção, dentre os quais a *proximidade* (tendência de se formar agrupamentos

que estão próximos no tempo ou no espaço), a *similaridade* (tendência de agrupar tendo em vista seus pontos em comum) e a *continuidade* (tendência de se perpetuar o movimento em uma determinada direção) (Gardner, 1985; Luccio, 2011; Snyder, 2000; Sternberg, 2008). Conforme observado por Miller,

> [...] uma vez que a extensão da memória apresenta um número fixo de agrupamentos, podemos ampliar o número de dígitos de informação que eles contêm simplesmente por meio da construção de agrupamentos cada vez maiores, cada agrupamento contendo mais informações do que antes. (Miller, 1956, p.93, tradução nossa)[8]

Por exemplo, não seria possível o armazenamento de 31 dígitos numéricos na memória de curto prazo, deste modo: 0010011001110011110011100110001. No entanto, se estes números forem agrupados em blocos menores, como: 001 0011 00111 001111 00111 0011 001, possivelmente serão reproduzidos com mais facilidade. Contudo, uma sequência de letras como *úemsuisacientfica-sobrepmieóriademcosprofsisíqsionais*, estariam dispostas de maneira inadequada para serem armazenadas na memória de curto prazo, mesmo fragmentadas em agrupamentos, como *úems uisa cien* etc. No entanto, se as letras forem dispostas numa outra sequência, por exemplo: *pesquisa científica sobre memória de músicos profissionais*, seriam criados sete agrupamentos com maior possibilidade de serem interiorizadas por esse nível de memória (Silva, 2015).

As características que delimitam os *chunks* se justapõem. Por exemplo, as características rítmicas de proximidade auxiliam na percepção das características de proximidade da altura, ou, ainda, os elementos que expressam a continuidade das alturas podem melhorar a percepção da continuidade do ritmo. Da mesma forma, a sobreposição de princípios que regem o mesmo agrupamento contribui

---

8 *"[...] since the memory span is a fixed number of chunks, we can increase the number of bits of information that it contains simply by building larger and larger chunks, each chunk containing more information than before."*

para solidificar os seus limites. Por exemplo, ao mesmo tempo que se percebe a proximidade dos objetos, nota-se sua natureza de similaridade ou de continuidade. O mesmo pode ser aplicado à memória de habilidades motoras.

Para dar um exemplo em música, a aprendizagem de uma sequência motora, como a de tocar uma simples escala de *Dó* maior no violoncelo, pode ser dividida em vários níveis de *chunks*. Em um primeiro nível de agrupamento tem-se o simples movimento de tocar o primeiro dedo na corda Dó*: [Dó Ré],* corda solta e primeiro dedo. Esse mesmo movimento será executado logo depois na corda *Sol*, definindo a 1ª. variação do *chunk* inicial, e ambos também serão tocados em ordem descendente, formando novas variações do *chunk* inicial.

Figura 18 – Escala de Dó maior – Formações de Chunks

Fonte: elaboração própria

Em um segundo nível de *chunks* tem-se*:* [*Dó Ré Mi Fá*] + [*Sol Lá Si Dó*]. O primeiro *chunk* gera uma base motora similar para segundo, como se pode ver na Figura 18. O movimento motor é exatamente o mesmo, mudando apenas da corda *Dó* para a corda *Sol*, ou seja, o segundo *chunk* é uma variação muito aproximada do primeiro. A soma dessas duas sequências gera um novo nível de *chunk*, a escala de *Dó* maior ascendente, que, por sua vez, em uma ordem descendente, gera outra variação, a escala de *Dó* maior descendente. Por fim, tem-se um novo nível de *chunk*, a escala de *Dó* maior. Novas hierarquias de *chunks* podem ser formadas a partir desse *chunk* final, formando um vocabulário inicial de níveis e subníveis desses *chunks* iniciais, que podem ser reutilizados. Por exemplo, a sequência de dedos 0 e 1, e sua inversão, o *chunk* inicial que aparece em cada

compasso, na Figura 18, pode ser utilizado em muitas outras escalas ou melodias.

Como exemplo dentro do repertório violoncelístico, segue um trecho do quarteto "A Morte e a Donzela", de F. Schubert, em que os dois primeiros compassos servem como *chunk* motor para o aprendizado do terceiro e quarto compassos, porém, com apenas duas variações: o segundo movimento (3º e 4º. compassos) ser uma quinta acima, ou seja, o mesmo movimento feito na corda *Sol* é transferido para corda *Ré*; o *Sol* natural do terceiro compasso, abrindo o primeiro dedo em um semitom, modificando ligeiramente o movimento motor.

Figura 19 – Trecho do terceiro movimento do quarteto "A Morte e a Donzela" de F. Schubert

Fonte: Schubert, F. (2006).

Assim, um *chunk* é uma representação em nível intermediário das habilidades motoras, que garante flexibilidade, eficiência e precisão na aprendizagem dessas habilidades. Mas esses blocos de informações, armazenados pela memória de curto prazo, precisam ser continuamente reforçados na consciência, para que não caiam no esquecimento. Dessa forma, a informação que não for perdida será conduzida à memória de longo prazo.

Memória de longo prazo

Os eventos que acontecem além de 3 a 5 segundos não podem ser relacionados imediatamente, mas somente por meio de uma ação mental retrospectiva, isto é, por meio da lembrança. A atuação da memória de longo prazo abrange "[...] a habilidade de relembrar coisas que aconteceram algum tempo atrás, ou que nós aprendemos algum tempo atrás (geralmente mais do que alguns minutos, e até

uma vida toda)[9]" (Levitin, 2002, p.296, tradução nossa). De acordo com Snyder,

> [...] nossas memórias de longo prazo *necessitam* ser inconscientes: se todas elas estivessem em nossa consciência, não haveria espaço para o presente [...] estímulos repetidos mudam a força das conexões entre os neurônios ativados simultaneamente[10] (Snyder, 2000, p.69, tradução nossa).

Entende-se que há diversos níveis de associação entre os neurônios estimulados de forma sincronizada, cuja unidade básica é um agrupamento (*chunk*). Os eventos que ocorrem próximos no período de tempo, ou então que são compreendidos como formas semelhantes de memória podem se conectar entre si e estabelecer associações, pois estas são vistas como conexões neurais facilitadas. De acordo com Jäncke, a memória associativa é "[...] um sistema de memória em que um pedaço específico de informação da memória está ligado a outras informações da memória por vínculos associativos" (Jäncke, 2008, p.2, tradução nossa).[11]

Uma informação presente na memória pode acessar outra com a qual tenha estabelecido algum nível de associação (*cuing*).[12] A habilidade motora de uma passagem musical pode remeter a um exercício técnico, estudo ou uma outra obra estudada anteriormente, por meio da ativação de neurônios associados. O processo de ativação significa trazer à consciência o que está provavelmente semiativado na memória de longo prazo. De acordo com Snyder,

9 *"[...] the ability to remember things that happened some time ago, or that we learned some time ago (usually more than a few minutes ago, and up to a lifetime ago)."*

10 *"[...] our long-term memories need to be unconscious: if they were all in our consciousness, there would be no room for the present [...] repeated stimulation changes the strength of connections between simultaneously activated neurons."*

11 *"[...] a memory system in which a specific piece of memory information is linked to other memory information by associative links."*

12 *Cuing* pode ser compreendido como uma pista ou ponteiro que ativa as memórias associadas com as experiências do presente ou ligadas a outras lembranças do passado (Snyder, 2000).

> O processo de *cuing* [...] é um mecanismo importante pelo qual são recuperadas memórias de longo prazo maiores. Nós temos visto que as memórias são armazenadas em agrupamentos, que são bem limitados em tamanho, mas que um elemento de um agrupamento pode atuar como uma deixa (ou um sinal de entrada) para outro agrupamento, conectando-os juntos em um desdobramento de sequências de associações.[13] (Snyder, 2000, p.70, tradução nossa)

São três os tipos de *cuing* listados por esse autor:

1. *recordação:* quando se busca a recuperação de memória de forma intencional. Diante da partitura há a recuperação dos padrões motores relacionados a alturas e ritmos aprendidos anteriormente e armazenados na memória;
2. *lembrança:* quando uma memória associada é ativada automaticamente por um determinado fato. Diante da partitura todos os padrões, incluindo os motores, ligam-se automaticamente a padrões iguais ou semelhantes de movimentos aprendidos anteriormente.
3. *reconhecimento*: quando um evento atua como o seu próprio *cue*. Há o reconhecimento dos padrões criando-se uma imagem significativa do movimento (Snyder, 2000).

Pode ser razoável pensar que os três tipos de *cuing* atuem com certa simultaneidade a fim de que a informação possa ser recuperada de forma significativa. Por exemplo, diante da partitura, o músico busca *recordar*, ouvir internamente as relações de alturas melódicas, harmônicas e rítmicas, relacionando às habilidades motoras por meio do estímulo visual. Os padrões que tenta recuperar foram armazenados em agrupamentos que se associam aos imaginados no momento da leitura. Essa atividade leva ao *reconhecimento* do

---

13 *"The cuing process [...] is an important mechanism by which larger long-term memories are retrieved. We have seen that memories are stored in chunks, which are quite limited in size, but that an element in a chunk may act as a cue for another chunk, connecting them together in an unfolding sequence of associations."*

que está sendo representado na mente com o que se vê na partitura musical. A consciência do que se imagina poderá gerar associações automáticas com padrões de outras obras musicais, estudos ou exercícios, trazendo-os à *lembrança*, o que pode acontecer aproximadamente ao mesmo tempo (Silva, 2015).

Se as informações armazenadas na memória de longo prazo não puderem ser recuperadas e trazidas de volta à consciência, tornam-se como as que foram perdidas pela falta de reforço na memória de curto prazo. Por isso, o sistema de ativação de grupos de neurônios associados, os *chunks*, é imprescindível e revela a importância da atuação de um modelo integrador de processamento da memória (Sternberg, 2008).

Classificação por tipos de informação

O cérebro é capaz de armazenar diversas informações diferentes e utiliza várias de suas partes para executar o processo de memorização. Segundo Izquierdo (2004), com relação aos conteúdos, pode-se dividir a memória de longo prazo pelos tipos de informações que interagem e se complementam:

- *memória declarativa (ou explícita)* faz parte da memória permanente e é aquela que pode ser declarada, como fatos, nomes, acontecimentos e pode ser episódica (eventos com data) ou semântica (significado de palavras).
- *memória procedural (ou de procedimentos)* é aquela que evoca habilidades, hábitos, dicas de palavras, objetos, associações, a aprendizagem baseada em não-associações e as aprendidas de modo mecânico. Aprender a dirigir ou tocar um instrumento musical são exemplos do uso dessa memória.
- *memória adquirida por dicas* (*priming* ou memória de representação perceptual) é caracterizada por uma imagem que relembra eventos; tão logo é vista, antes mesmo da compreensão do evento, o significado da imagem já é identificado.
- *memória associativa e memória não associativa* estão ligadas a alguma resposta ou comportamento. A associativa é usada

quando, por exemplo, ao olhar para um alimento saboroso tende-se a salivar, pela associação da lembrança do cheiro, sabor ou aspecto desse alimento. Já a memória não-associativa é aquela em que se aprende sem perceber. Ex.: O latido de um cão não traz riscos, fato que pode ser ignorado.

A *memória procedural*, classificação que também corresponde à memória muscular, permite que ações de movimentos musculares sejam executadas com o recurso de padrões automatizados, que tendem a reproduzir-se com grande precisão. A memória procedural, portanto, permite que o corpo interaja de forma eficiente e rápida com o ambiente, de forma adaptada às tarefas ou necessidades. Ela é fruto de mecanismos de preservação da espécie, voltados à simplificação do controle de um sistema tão complexo quanto o aparelho locomotor, e incorpora nos padrões armazenados as características relevantes para o movimento, relativas tanto ao indivíduo como à atividade e também às ferramentas utilizadas (Sacks, 2007), como o violoncelo.

Memória de trabalho

Richard Atkinson e Richard Shiffrin, em 1968, utilizaram pela primeira vez o termo *memória de trabalho*, para explicar a existência de um sistema de manutenção temporária e de manipulação da informação que auxilia na execução de inúmeras tarefas complexas. Segundo esses pesquisadores, não há distinção entre memória de curto prazo e memória de trabalho (Sternberg, 2008). Para eles, além de possuir um papel importante quanto à alimentação de informações para dentro e para fora da memória de longo prazo, a memória de curto prazo também age como memória de trabalho, selecionando e elaborando estratégias durante o reforço (ou repetições), servindo como um espaço para a realização de tarefas cognitivas.

Sternberg destaca outros modelos contrastantes de memória de trabalho e os considera como "[...] parte da memória de longo prazo,

a qual é composta de todo o conhecimento de fatos e procedimentos recentemente ativados na memória, incluindo a memória de curto prazo breve e fugaz e seus conteúdos" (Sternberg, 2008, p.169).

A memória de trabalho permite que uma informação permaneça ativa na mente, esteja acessível e possa ser manipulável, a fim de apoiar a realização de tarefas cognitivas que estejam em andamento (Brady; Konkle; Alvarez, 2011; Suchow et al., 2014). Seguindo a mesma linha de pensamento, Snyder estabelece a seguinte distinção:

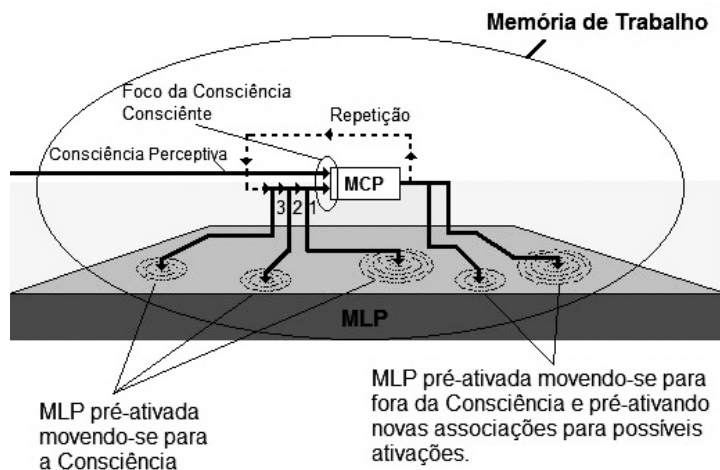
> A memória de trabalho se distingue da memória de curto prazo na medida em que ela se constitui de processos de ativação de inúmeros níveis, incluindo o foco de consciência consciente, não somente armazenagem de curto prazo. (Memória de curto prazo é um dos componentes da memória de trabalho). (Snyder, 2000, p.48, tradução nossa)[14]

Na Figura 20, tem-se um diagrama que sintetiza o modelo de memória de trabalho e os níveis de processamento.

Snyder (2000) desenvolveu esse diagrama que evidencia as relações entre os processos de memória sensorial, memória de curto prazo (MCP), memória de longo prazo (MLP), e memória de trabalho. A imagem mostra as ações perceptivo-cognitivas envolvidas durante a atuação da memória de trabalho. De modo geral, não é possível afirmar que haja uma ordem de início dos eventos relativos ao processamento da memória de trabalho, isto é, ela pode ser ativada tanto por estímulos perceptivos recolhidos do ambiente externo quanto por meio do trabalho cognitivo de recuperação de informações localizadas na memória de longo prazo (Snyder, 2000, p.49).

---

14 *"Working memory is distinguished from short-term memory in that it consists of processes at various levels of activation, including the focus of conscious awareness, not just short-term storage. (Short-term memory is one of the components of working memory)."*

Figura 20 – Diagrama da memória de trabalho

Fonte: adaptada de Snyder (2000, tradução nossa)

Para fixar uma informação importante, é preciso decorar ou aguçar os sentidos, a exemplo do que acontece quando um trecho musical é repetido várias vezes. Essa informação, que estava na memória de curta duração, passa para a memória de trabalho e, em seguida, para a memória de longa duração. O diagrama da Figura 20 evidencia um recorte da ação cíclica da memória de trabalho. Percebe-se uma consciência perceptiva das informações retidas momentaneamente pela memória de curto prazo.

Algumas informações presentes na memória de curto prazo podem ser ensaiadas ou praticadas (repetição), isto é, repetidas a ponto de se manterem na consciência e de serem armazenadas, de modo mais intenso, pela memória de longo prazo. Em algum momento elas podem ir em direção à essa memória, movendo-se para fora da consciência e pré-ativando novas associações que poderão se tornar, mais uma vez, informações vívidas, ou seja, por meio do retorno das informações à memória de curto prazo. As informações que chegam a esse nível de memória, tanto via consciência perceptiva (sensações originadas dos sentidos) quanto via memória de longo prazo (conhecimento), passam pelo foco da consciência

consciente, a saber, a experiência consciente imediata no mais alto grau de ativação da informação (Snyder, 2000).

Segundo esse modelo de processamento da memória de trabalho, poderão ocorrer vários *loops* de *feedbacks*, estabelecendo-se novas possibilidades de associações de informações e gerando novos níveis de conhecimento. Por exemplo, a informação musical captada pela leitura da partitura poderá levar à consciência uma representação de sua sequência motora e, por meio dos *cuings,* estabelecer novas associações (Silva, 2015).

Como um exemplo musical violoncelístico da atuação dos tipos de memória, podem ser utilizadas as frases iniciais do concerto em Ré maior de J. Haydn:

Figura 21 – Início do primeiro movimento do Concerto em Ré maior de J. Haydn para violoncelo e orquestra

Fonte: Haydn (1982)

Nos primeiros contatos com as notas do concerto, seja assistindo gravações ou nas primeiras tentativas de tocar, o violoncelista utiliza sua memória sensorial (visual, tátil e auditiva) para, nos primeiros segundos, reunir informações sensoriais motoras e transferi-las da consciência perceptiva para a memória de curto prazo. Após as primeiras repetições a memória de curto prazo se alimenta de

informações (vocabulário motor) da memória de longo prazo, de agrupamentos (*chunks*) pré-existentes, para compor a memória motora desse novo trecho. O início do Concerto em Ré maior de Haydn é composto por fragmentos e sequências de notas correspondentes à escala e arpejos de Ré maior, arpejo de Lá maior (compasso 33), de Si maior (compasso 36) e escala cromática (compasso 30). Se previamente armazenada no vocabulário motor, a memória muscular desses arpejos e escalas fornecerá os *chunks* motores para essa nova passagem. A memória de trabalho poderá alimentar a memória de curto prazo com informações aprendidas de exercícios e estudos. É o caso dos compassos 30 e 38. No compasso 30 existe um golpe de arco chamado de *staccato volante*[15]:

Figura 22 – Compasso 30 do 1º movimento do Concerto de Haydn em Ré maior

Fonte: Haydn (1982)

Essa técnica é geralmente trabalhada (vocabulário motor) utilizando-se os estudos de D. Popper n.14 (Figura 23) e n.32 (Figura 24), e, também, intensivamente, na Sonata em Ré maior de P. Locatelli (Figura 25).

15 O *staccato volante* é um golpe de arco onde várias notas são tocadas separadas e na mesma direção do arco.

Figura 23 – Estudo n.14 de D. Popper

Fonte: Popper (1982)

Figura 24 – Estudo n.32 de D. Popper

Fonte: Popper (1982).

Figura 25 – Sonata em Ré maior de Pietro Locatelli

Fonte: Locatelli (1950)

No compasso 38 do Concerto de Haydn (Figura 26), existe uma passagem em cordas duplas, com variação rítmica na voz mais grave, em forma de acompanhamento:

Figura 26 – Compasso 38 do 1º mov. do Concerto em Ré maior de J. Haydn

Fonte: Haydn (1982)

Essa também é uma técnica trabalhada em um dos estudos de D. Popper, o estudo n.13 (Figura 27).

Jean-Louis Duport (1749-1819), em seu estudo n.6 do livro de 21 estudos para violoncelo, utiliza, intencionalmente, e como estratégia pedagógica, vocabulários motores (*chunks* motores) mais simples para o aprendizado de técnicas mais avançadas. Veja-se na Figura 28.

Figura 27 – Estudo n.13 de D. Popper

Fonte: Popper (1982)

Figura 28 – Estudo n.6 do livro de estudos de Jean Louis Duport

6.

Allegro.

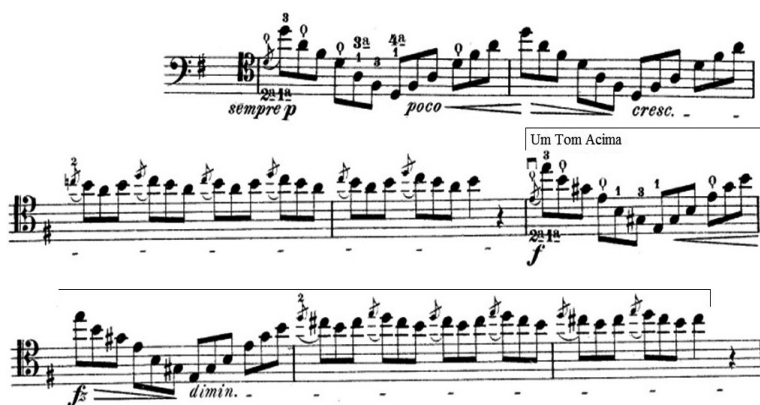
Fonte: Duport (1895)

Duport utiliza a repetição de pequenas sequências, idênticas em notas e arcadas, uma oitava acima da frase original, para aproveitar todo o aprendizado e memória muscular das posições mais fáceis (graves) nas posições mais difíceis e avançadas (agudas). Essas passagens podem ser identificadas, na Figura 29, pelas mudanças de claves:

Figura 29 – Estudo n.6 de J. L. Duport, oito compassos iniciais: repetições em oitavas

Fonte: Duport (1895)

Outro exemplo, no mesmo estudo, são os compassos 29 a 36 (Figura 30), nos quais Duport utiliza a repetição de sequências motoras idênticas, apenas modulando um tom acima, aproveitando a mesma memória motora aprendida:

Figura 30 – Estudo n.6 de J. L. Duport, compasso 29 a 36: repetição um tom acima

Fonte: Duport (1895)

Outra conclusão importante, que se pode evidenciar através dos conhecimentos sobre o funcionamento da memória para movimentos motores, é a importância de se planejarem movimentos idênticos ou semelhantes, na mesma obra ou aprendidos anteriormente, para que tenham o mesmo dedilhado ou arcadas. Por exemplo, no repertório violoncelístico, é muito comum que o mesmo material musical apareça no desenvolvimento na tonalidade da dominante ou subdominante, o que resulta no mesmo movimento, idêntico ou semelhante, numa outra corda, tendo em vista que as cordas do violoncelo são afinadas em intervalos de quintas. São inúmeras as possibilidades de exemplos em que se aproveitam agrupamentos motores unificando dedilhados ou arcadas. No estudo n.8 de J. L. Duport, existem duas passagens com apenas uma quinta de distância, ou seja, os movimentos são idênticos com a única diferença motora de serem tocadas em cordas diferentes. Porém, na edição da Figura 31, sugere-se que as passagens sejam feitas com dedilhados diferentes, tornando-as diferentes em mudanças de posição e mudanças de cordas, ou seja, dois movimentos já não mais idênticos para o aprendizado motor. Portanto, o ideal seria manter o mesmo dedilhado para as duas passagens.

Figura 31 – Duas passagens semelhantes do Estudo n.8 de J. L. Duport

Fonte: Duport (1895)

O mesmo pode ser observado neste outro trecho (Figura 32) do mesmo estudo, em que a mesma passagem é repedida uma terça abaixo, sequencialmente, com movimentos bastante semelhantes. O editor também utiliza diferentes dedilhados para movimentos semelhantes, tornando-os diferentes, no intuído de facilitar uma das passagens. Porém, esse tipo de abordagem apenas cria mais variáveis de movimentos a serem aprendidos.

Figura 32 – Passagem do Estudo n.8 de J. L. Duport

Fonte: Duport (1895)

É preciso atentar, no entanto, para que essas otimizações motoras não limitem as possibilidades artísticas que o instrumento pode oferecer, de frases ou de timbres, por exemplo. Ainda assim, respeitar a maneira como o cérebro aprende esses movimentos, agrupados em cadeias e anteriormente aprendidos, planejando dedilhados e arcadas semelhantes, pode ser uma ferramenta poderosa para o estudo do instrumento.

Após o processo de repetição e de alimentação do controle motor com informações contidas na própria memória de longo prazo, o vocabulário aprendido com estudos de Duport e Popper, por exemplo, a passagem passa da memória de curto prazo para a memória de longo prazo, fixada por muito mais tempo no cérebro. É importante reforçar que esses acontecimentos não são lineares, mas acontecem simultaneamente, formando o *looping* de tarefas da memória de trabalho. O conhecimento desse processo de trabalho da memória reforça a necessidade de se adquirir um vocabulário motor abrangente para o aprendizado e para a performance do violoncelo, o que será abordado mais adiante neste trabalho.

3
Como se aprendem novas habilidades motoras

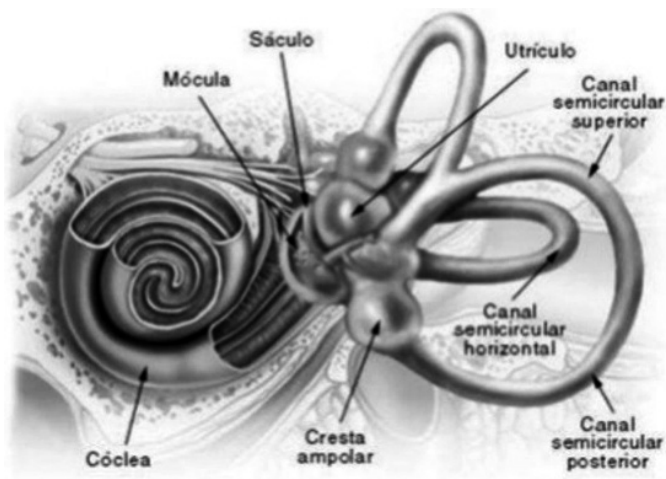
O corpo depende da memória, para o aprendizado de qualquer coisa; desse modo, aprender também é sinônimo de memorizar. Este capítulo trata de como as memórias de habilidades motoras e de movimentos de precisão, tão importantes para o violoncelista, tornam-se fixas no cérebro. Toma-se, como exemplo, uma das primeiras atividades motoras complexas que se aprende após o nascimento e que requer muito aprendizado e precisão: o andar. Por volta de um ano de idade, após muita observação e algumas tentativas, o ser humano aprende a andar. Com muita prática, essa atividade passa a ser fácil e inconsciente, desenvolvendo vários conjuntos de habilidades motoras que permanecerão para sempre na memória muscular. Andar requer tanta complexidade que nem mesmo o robô mais avançado, hoje construído, consegue imitar o movimento do caminhar humano com precisão e naturalidade (Lent, 2010).

Tocar um instrumento como o violoncelo também requer um notável nível de coordenação. É uma habilidade complexa que a maioria das pessoas pode aprender, mas os músicos profissionais levam-na ao extremo. Equilíbrio, reações rápidas, coordenação e velocidade integrados para tocar inconscientemente, de maneira planejada, num determinado espaço e tempo, sentindo e transmitindo

arte e emoção. Para um violoncelista profissional, tocar violoncelo é uma atividade completamente natural, automatizada, como se o instrumento fosse uma extensão de seu corpo, utilizado com muita precisão e sem esforço. Só agora, com a ajuda da neurociência, entre outras disciplinas, pode-se entender como isso é possível.

De uma maneira intrincada, o sistema vestibular[1] (Figura 33), senso de equilíbrio e propriocepção[2] trabalham juntos em cada movimento que fazemos (Lent, 2010).

Figura 33 – Sistema vestibular: localizado no ouvido interno, compreende três canais semicirculares, o utrículo e o sáculo

Fonte: https://vencendoavertigem.com/o-que-e-sistema-vestibular/

Ao se tocar um instrumento musical, a cada segundo, dezenas de milhares de receptores de toque das mãos, do tato enviam

1 S*istema vestibular* é o conjunto de órgãos do ouvido interno dos vertebrados responsáveis pela detecção de movimentos do corpo, que contribui para a manutenção do equilíbrio (Cullen; Sadeghi, 2008).

2 *Propriocepção* é o termo utilizado para nomear a capacidade em reconhecer a localização espacial do corpo, sua posição e orientação, a força exercida pelos músculos e a posição de cada parte do corpo em relação às demais, sem utilizar a visão (Propriocepção, 2018).

informações para o cérebro, em conjunto com os dados recebidos do Sistema Vestibular, dos ouvidos e dos olhos. Toda essa informação é confrontada pelo SNC[3] para, entre muitas outras coisas, calcular a posição ou movimento da mão correspondente a uma determinada nota. O cérebro pode, então, fazer minúsculos ajustes em uma centena de músculos em todo o corpo, para garantir que a nota tocada continue sob controle. As habilidades motoras dependem completamente de como o cérebro responde, constantemente, a informações vindas dos sistemas sensoriais (Diedrichsen; Kornysheva, 2015).

O aprendizado motor, particularmente o aprendizado inicial, envolve várias tentativas de adquirir uma ideia do movimento ou entender o padrão básico de coordenação (Gentile, 1972). Para atingir esses objetivos, os alunos devem usar processos cognitivos (Fitts; Posner, 1967) e verbais (Adams, 1971) para resolver problemas. Dominar qualquer nova habilidade motora requer aprendizagem. A aprendizagem motora tem sido definida como um "[...] conjunto de processos internos associados à prática ou experiência, levando a mudanças relativamente permanentes na capacidade de um comportamento habilidoso"[4] (O'Sullivan; Schmitz, 1994, p.366, tradução nossa).

Em outras palavras, a aprendizagem motora ocorre quando processos complexos acontecem, no cérebro, em resposta à prática ou experiência de certa habilidade, resultando em mudanças no SNC, permitindo a produção de uma nova habilidade motora. É importante também considerar que o processo de aprendizagem pode levar diferentes períodos de tempo para cada indivíduo e a progressão pode depender de uma grande variedade de fatores como: motivação, aspectos psicológicos, *feedback* recebido, estímulos ambientais, formação perceptiva, organização da prática e até mesmo a presença de lesões musculoesqueléticas ou neuromusculares. Fitts e Posner

---

3 Sistema nervoso central.

4 *"[...] a set of internal processes associated with practice or experience leading to relatively permanent changes in the capability for skilled behavior."*

(1967) sugerem que a aquisição de habilidades motoras segue três estágios: (1) cognitivo, (2) associativo e (3) autônomo

Os três estágios da aprendizagem motora

Primeiro estágio: cognitivo

Durante esse primeiro estágio da aprendizagem motora, o objetivo é desenvolver uma compreensão geral da habilidade. O aluno deve determinar qual é o objetivo da habilidade e começar a processar os fatores ambientais que afetarão sua capacidade de desenvolvê-la. Professor e aluno devem fazer o melhor para que haja um ambiente saudável, ideal ao aprendizado, o que pode, por exemplo, significar a remoção de grandes distrações visuais e sonoras e a inclusão de equipamentos importantes, como afinador, metrônomo, gravador (áudio/vídeo) e espelho. Durante esse estágio, o aluno depende principalmente de entrada visual, sonora e de algumas tentativas para guiar a aprendizagem (O'Sullivan; Schmitz, 1994; Campbell, 2011).

O problema que existe no estágio cognitivo é entender o que e como fazer. Seria extremamente difícil para alguém aprender uma habilidade sem receber algum conhecimento prévio sobre ela, visual ou verbalmente. Em outras palavras, o aprendizado motor começa com o processamento da informação. Por exemplo: certamente, um iniciante no violoncelo poderia descobrir sozinho, sem a ajuda de um professor, qual a melhor maneira de segurar o arco do violoncelo para produzir uma nota longa, com o som mais limpo, bonito e sonoro possível, utilizando toda a extensão do arco. Mas, provavelmente, necessitaria de muitas horas de tentativa e erro, experimentação e alguma solução criativa. É muito mais simples aprender uma nova habilidade por meio de informações anteriores (Schmidt; Lee, 2005).

Para aprender uma nova habilidade é necessária muita prática. Na aprendizagem de um instrumento musical, assim como na aprendizagem do andar, muitas partes diferentes do cérebro se

comunicam para formar uma nova rede neural dessa habilidade. Sem essa rede específica formada no cérebro, o indivíduo se sente descoordenado e desajeitado. As crianças, caminhando com ajuda ou já independentes e um pouco desajeitadas, têm passos pequenos e irregulares, ampla base de apoio, braços para o alto, a fim de favorecer o equilíbrio e uma posição protegida; têm pouca ou nenhuma rotação do tronco e, com certeza, tropeçam algumas vezes. A realidade é que o processo de aprender a andar começa muito antes de se dar realmente o primeiro passo.

O estágio cognitivo é de grande interesse para os cognitivistas, porque esse estágio envolve o processamento de informações. Também chamado de estágio motor verbal (ADAMS, 1971), esse estágio é de natureza verbal-cognitiva (Schmidt; Lee, 2005), pois envolve o transporte (verbal) e a aquisição de novas informações. Nesse estágio, a pessoa está tentando processar informações em busca de entender cognitivamente os requisitos e parâmetros do movimento motor. Durante esse estágio, o músico iniciante recebe as informações e as organiza de alguma forma significativa, por exemplo, como segurar o arco e tocar as primeiras notas com os dedos da mão esquerda, levando à criação de um programa motor.

O estágio cognitivo também é caracterizado de grandes ganhos em performance, mas principalmente em performance inconsistente. Durante esse estágio, atividades como solfejar, escutar áudios, assistir a vídeos, praticar lentamente e outras técnicas de preparação (estudo preliminar) são altamente eficazes (Schmidt; Lee, 2005). Ou seja, é importante que o aluno receba as informações necessárias, sob orientação de um professor, e com tempo necessário para estabelecer fundamentos sólidos do movimento. Às vezes, cometer erros livres (tentativa e erro) adotando uma abordagem construtivista para essa informação, com bastante cautela, pode ser útil para a aprendizagem (Huber, 2012).

O estágio cognitivo é um processo de aprendizagem tão importante para as técnicas iniciantes do violoncelo quanto para as técnicas mais avançadas. Músicos profissionais, com frequência, revisitam esse estágio para manutenção da técnica ou para aprender técnicas

novas. Mais adiante, neste trabalho, serão tratados a importância do Estudo Preliminar e as maneiras de adquirir o máximo de informações possíveis para o estágio cognitivo, antes mesmo da utilização do violoncelo para aprender.

Segundo estágio: associativo

Nesse estágio, ainda não se sabe exatamente como fazer o movimento. O cérebro está formando atalhos para as informações a esse respeito. Geralmente essa fase é reconhecida como a mais difícil e frustrante, pois a sensação é de que se dá um passo para a frente e dois para trás. Retomando a ideia de quando se aprende a andar, quando a criança já toma passos mais longos e controlados, estreitando sua base de apoio e permitindo que seus braços relaxem ao lado do corpo, significa que ela passou do estágio inicial de aprendizado e progrediu para um movimento mais refinado (O'Sullivan; Schmitz, 1994; Campbell, 2011).

O estágio associativo é caracterizado por muito menos informações verbais, ganhos menores em performance, performances mais conscientes, constantes ajustes, movimentos desajeitados (ainda) e algum tempo de demora para ser concluído. O aluno trabalha para fazer vários ajustes de movimento e conectar pequenas habilidades já adquiridas (*chunks*). Esse estágio também é chamado de estágio motor (Adams, 1971), porque o problema a ser resolvido no estágio associativo é aprender como executar a habilidade, ou seja, do ponto de vista cognitivo, o aluno está tentando traduzir o conhecimento declarativo em conhecimento procedural. Em outras palavras, o aluno está transformando o que fazer em como fazer (Schmidt; Lee, 2005).

Durante esse estágio, as dicas visuais se tornam menos importantes ao passo em que as pistas proprioceptivas se tornam muito mais importantes, ou seja, o aluno se concentra mais em como seu corpo está se movendo no espaço e que *input* está sendo sentido de suas articulações e músculos. Quanto mais prática, mais *input* proprioceptivo o aluno recebe para ajudar a aprendizagem (Campbell,

2011); com bastante prática, essa nova rede neural será formada. Nesse estágio, a utilização do afinador, espelho e metrônomo colaboram na eficácia da percepção e refinamento ou calibragem dos movimentos.

Nem mesmo os melhores músicos são capazes de tocar algo da mesma forma ou com a mesma precisão. Músicos altamente bem-sucedidos e eficazes estão sempre procurando maneiras de tocar melhor. Como dito anteriormente, revisitam o estágio cognitivo e associativo da aprendizagem motora com frequência para a aprendizagem de novas técnicas ou para a sua manutenção. O reaprendizado acontece quando esses estágios são revistos, a exemplo de quando se refazem exercícios de técnicas básicas (escalas, exercícios de arco ou de mudança de posição) para fortalecer e relembrar a base técnica, ajudando também a receber uma nova técnica mais avançada. Esse processo de reaprendizagem significa adquirir novas informações (estágio cognitivo) e depois passar novamente pelo difícil – mas necessário – estágio associativo (Huber, 2012).

Fazer com que alunos avançados queiram mudar sua técnica ou fazer um trabalho de reaprendizado pode ser um grande desafio. Pelo fato de já fazerem uso de técnicas avançadas, quando tentam algo novo sentem-se desconfortáveis, estranhos e, por vezes, relutam em insistir na mudança. Essas informações sobre os três estágios da aprendizagem motora, bem como informações sobre a nova técnica ajudam a estabelecer ou ativar um esquema de aprendizado, fornecendo uma justificativa ou perspectiva para que os alunos perseverem na mudança. Em seguida, basta trabalhar na habilidade em sua forma mais simples, lentamente, até que ela seja dominada, automatizada e integrada ao programa motor (ibidem, 2012, p.179).

Nessa fase fica evidente a importância da repetição bem executada, para o aprendizado motor, bem como a de se conhecer o modo de melhorar o processo de repetição para um estudo mais otimizado do violoncelo.

Terceiro estágio: autônomo

A progressão para esse nível de aprendizado, o terceiro estágio, permite que o aluno demonstre habilidade em qualquer ambiente, com muito pouco envolvimento cognitivo, em comparação com o primeiro estágio. Esse aluno, nesse estágio, não sentirá dificuldades de estar em um ambiente previsível, como o da sua própria casa, ou em um ambiente imprevisível, como o de uma festa de aniversário lotada, no parque ou na grama (O'Sullivan; Schmitz, 1994; Campbell, 2011).

Mesmo sendo esse o estágio final da aquisição motora, muitas vezes são necessários anos de treinamento para que o aluno o alcance. O estágio autônomo é idealizado pelos músicos profissionais porque é nele que o desempenho motor se torna amplamente automático, as exigências de processamento cognitivo são mínimas e o cérebro dos músicos é capaz de atentar e processar outras informações sobre a performance, como as demandas expressivas e emocionais da música. Nessa fase não é mais necessário pensar na performance, ou pensar apenas minimamente, haja vista que já é possível olhar e reagir automaticamente, como em um estado de fluxo (Schmidt; Lee, 2005).

Existe pelo menos uma vantagem e uma desvantagem associadas ao estágio autônomo. A vantagem é que a performance exige muito menos demanda cognitiva e de atenção, o que libera o músico para realizar tarefas secundárias, como aponta um estudo no qual pianistas são capazes de praticar aritmética enquanto tocam piano, simultaneamente (Shaffer, 1980). A desvantagem é que, uma vez que existe menos demanda cognitiva durante a performance, o estágio autônomo deixa amplo espaço para pensamentos irrelevantes, que distraem e que podem ser automatizados na mente, como pensamentos estressantes. Um agente estressante, como medo de palco ou nervosismo numa audição de orquestra, pode dificultar a memorização e automatização, desviando a atenção do objetivo desejado (Izquierdo, 2004).

Outro aspecto ruim sobre o desempenho automático está associado ao reforço de movimentos incorretos, pelo fato de se

associarem ao conforto ou desatenção, levando, por exemplo, à automatização de desafinações. Só porque um movimento motor pode ser realizado automaticamente não significa que o movimento esteja correto ou que seja digno de ser mantido. Além disso, se o aluno parar de pensar no novo movimento durante os estágios cognitivo e associativo, provavelmente responderá automaticamente com o movimento anteriormente automatizado, mas incorreto (Huber, 2012).

Enfim, a habilidade motora se torna mais fácil e automática. Após centenas de tentativas, já é possível saber como fazer o movimento, que, com frequência, é mais bem sucedido. Informações recolhidas durante os contratempos são usadas para otimizar o movimento, constantemente alimentando de volta o nosso cérebro com informações. Quanto mais praticamos, mais a rede neural é ajustada e aperfeiçoada, e o resultado desejado é alcançado. No Quadro 1, a seguir, tem-se uma síntese dos três estágios da aprendizagem motora:

Quadro 1 – Síntese dos três estágios da aprendizagem motora.

Estágio	Processo	Características	Outros nomes
Cognitivo	Coletar Informações	Muito ganho, Performance inconsistente	Estágio Motor Verbal
Associativo	Coordenar ações	Pouco ganho, Performance fragmentada, esforço consciente	Estágio Motor
Autônomo	Muito tempo e prática	Performance inconsciente, automática e refinada	Estágio Automático

Fonte: Traduzido e transcrito de Huber (2012).

Aplicando estágios de aprendizagem motora

Com base no que foi estudado neste capítulo e nos capítulos anteriores sobre os estágios de aprendizagem motora e sobre os tipos de memória, é possível apontar e sugerir algumas aplicações dessas informações no cotidiano do aluno de violoncelo. Destaca-se, inicialmente, a importância de se fornecer aos alunos informações detalhadas e corretas, no estágio inicial de aprendizado, para que tenham uma boa performance. Instruções claras e concisas são fundamentais. Se os alunos não entenderem o que devem fazer, não o farão corretamente. Em outras palavras, é preciso fazer um trabalho de melhor comunicação, mais clara, que deve ser feito em termos laicos – em linguagem que os alunos consigam entender, com um nível conceitual que eles estejam preparados para entender cognitivamente. Por exemplo, o professor pode entender os conhecimentos científicos que estão por trás do que ele está ensinando, como memória muscular, atenção seletiva ou ação-reação, entretanto, se os alunos não compreendem a essência desses conceitos, terão se perdido e desistido a meio do caminho.

É de grande importância que sejam explicados os três estágios da aprendizagem motora, inclusive para o processo de reaprendizado e correções. Reaprender um movimento e corrigi-lo é, muitas vezes, mais difícil do que aprendê-lo pela primeira vez corretamente; essa dificuldade pode levar a grande insatisfação e constituir uma barreira em relação a esse movimento (Sacks, 2007). Também é necessário certificar-se de que os alunos entendam esses estágios e saibam aquele em que estão, no momento de aprendizagem ou de reaprendizagem. Além disso, é importante que eles tenham consciência de que, se confiarem e se mantiverem comprometidos com o novo movimento, este se tornará automático e integrado ao seu vocabulário motor.

Um novo movimento pode parecer desajeitado, por um tempo, se comparado ao movimento antigo, enquanto estiver no estágio associativo; contudo, depois de repetições suficientes e eficientes, o novo movimento se tornará suave, automático e mais eficaz do que

o antigo. Muitos professores entendem como ensinar o movimento corretamente, no começo, mas não como corrigir um mau hábito. Compreender essa teoria cognitiva e adotar uma abordagem de ensino também cognitiva ajudará a resolver de maneira eficaz as duas necessidades: ensinar corretamente da primeira vez e corrigir um mau hábito.

Com base nos estágios de aprendizagem, os movimentos desajeitados e desconexos caracterizam o estágio associativo. No começo, as coisas não parecem muito organizadas; faz parte do processo de aprendizagem. Esperar, de imediato, uma performance perfeita e fluente provocará desapontamento e desilusão, também para os alunos. Tudo faz parte do processo de aprendizagem; ensinar é também permanecer paciente em cada estágio e facilitar o aprendizado. A impaciência certamente deixará os alunos ansiosos e impedirá o aprendizado, enquanto a paciência e confiança os motivarão a perseverar durante o estágio associativo.

Enfatizar a informação positiva na memória de trabalho é também muito importante. O objetivo do professor é fazer com que seus alunos possam tocar seus instrumentos automaticamente. Como já mencionado, no entanto, a automação cria um espaço vazio na memória de trabalho, o que acaba facilitando, mesmo que sem intencionalidade, a entrada de pensamentos negativos, improdutivos ou estressantes, pensamentos inconscientes que, por serem repetidos com constância, tornam-se automáticos também. Durante o processo de automatização é preciso ajudar os alunos a manter esse espaço da memória preenchida com as informações apropriadas e ensinar a monitorar seus pensamentos, redirecionando-os para os aspectos musicais, emotivos, expressivos do discurso musical da obra ou para aspectos significativos à performance, e, ainda, a desenvolver uma conversa interna positiva, com pensamentos e imagens igualmente positivos.

A performance completa de uma obra musical, com todos os aspectos incluídos – dos aspectos técnicos musicais até a performance corporal –, também é um *chunk*, ou seja, um grande e complexo agrupamento de movimentos motores associados a aspectos

emocionais, artísticos e performáticos. Portanto, como qualquer outro *chunk*, a performance da obra depende do processo de repetição para o desenvolvimento e memorização de todos esses aspectos envolvidos, incluindo o controle do nervosismo no palco. Para esse tipo de repetição ou simulação da performance, é importante que todos os aspectos previsíveis estejam presentes, como o ambiente, acústica, iluminação, vestimenta e, provavelmente o mais importante, a presença de um ou mais agentes estressantes – um público assistindo ou uma câmera gravando. A simulação da performance, portanto, mostra-se uma das fases finais do aprendizado sensório-motor de habilidades de precisão, momento em que o violoncelista pode contar com todos os níveis de automatização da performance, artisticamente relacionados.

Aprendendo só de olhar

Retoma-se o exemplo inicial de quando se aprende a andar. Conforme se verificou na abordagem sobre o estágio cognitivo, à medida que a criança observa visualmente os outros à sua volta é que começa a compreender o verdadeiro propósito de andar, passando da compreensão da habilidade para, verdadeiramente, a ação. Também na aprendizagem de um instrumento musical aprende-se muito, apenas observando-se.

> O sistema motor está envolvido não somente com a produção do movimento, mas também com os seus aspectos representacionais, tais como o reconhecimento e o aprendizado de ações através da observação, e a capacidade de simulação mental de movimentos. É hoje consenso que pelo menos uma parte dos mecanismos neurais envolvidos no planejamento de um movimento seja também recrutada durante os estados de simulação, os chamados estados S. Entre os estados S estão as simulações mentais de movimentos, as ações pretendidas, imaginadas, as ações representadas em sonhos etc. Os estados S corresponderiam às situações em que os sistemas motores

> antecipam a ação manipulando os "conteúdos" ou, neurofisiologicamente falando, às redes neurais que codificam aquela ação mas não a realizam. (Lent, 2010, p.446)

Há muitos estudos sobre a percepção da ação e dos estados de simulação que evidenciam quanto se aprende apenas por meio da observação, antes mesmo de se iniciar a leitura de uma partitura no instrumento musical.

A percepção na performance e o estudo preliminar

No aprendizado de uma nova música, o mais comum é iniciar a leitura da partitura já utilizando o instrumento musical. Para o músico, o ato de aprender algo novo está sempre diretamente relacionado ao ato de fazer, da ação, por meio de várias tentativas até conseguir. Esse tipo de estudo pode criar um desequilíbrio entre as quantidades de movimentos desejados e indesejados. Com a intensificação do estudo preliminar, uma constante revisão e auto-observação durante as várias sessões de prática instrumental, podem-se alcançar resultados mais efetivos. Assim como em todas as atividades motoras, a percepção visual e auditiva preliminar têm papel importante como estratégia na aprendizagem motora de uma nova habilidade (Biaggi et al., 2019).

A prática de um instrumento musical é uma atividade que requer planejamento, iniciação, execução, monitoramento e correção de ações. A repetição é o que alimenta a memória procedural, ou seja, a memória motora, de movimentos de precisão automatizados. É a repetição que faz com que as informações do novo movimento sejam transferidas da memória de curto prazo para a memória de longo prazo (Snyder, 2000, p.49). Para que memórias de movimentos bem-sucedidos e o aprendizado de novas competências motoras não sejam sobrepostas por movimentos indesejados, é importante evitar-se o estudo com a repetição do erro, ou de tentativa e erro. Um bom conhecimento prévio do movimento correto desejado

(fase cognitiva) torna isso possível, já envolvendo todos os aspectos técnicos e musicais e planejando de maneira criativa e otimizada o necessário estudo por repetições. Esse estudo preliminar já dá início à aprendizagem motora e cognitiva dos movimentos desejados, necessários à execução da prática instrumental, sob o ponto de vista técnico e musical.

Nesta parte do trabalho trata-se de vários estudos sobre a relação entre a percepção da ação, mecanismos espelho (estados de simulação), principalmente durante a prévia escuta musical, analisando-se as correlações neurais e seus resultados.

Ouvir música, tão somente, pode desencadear processos automáticos relacionados à ação. Como visto anteriormente, a ação pode ser um movimento ou um agrupamento de movimentos (*chunks*), voluntários ou não, que podem ser corrigidos durante a execução, se necessário. É moldada pela antecipação de um efeito de ação específico e pode ser encadeada em sequências de ações, cada uma com um subobjetivo e efeitos relacionados para uma sequência de movimentos de objetivo superordenado (Maidhof; Koelsch, 2013).

Na década de 1990, Wolfgang Prinz conduziu um estudo sobre as codificações comuns entre a percepção e a ação. Observou-se que as ações não são só representações de consequências perceptuais, mas que também os últimos estágios da percepção se sobrepõem aos primeiros estágios da ação, e que também compartilham um formato representacional comum, por exemplo, um código neural comum. Essa Codificação Comum acontece quando um indivíduo percebe um movimento e também quando ele percebe o efeito de uma ação produzida por outro indivíduo (Prinz, 1990). Anteriormente a esse estudo, Liberman e Matting (1985), em sua *Teoria Motora da Percepção da Fala*, afirmaram que a fala é decodificada durante sua percepção pelos mesmos processos envolvidos na sua produção.

Posteriormente, Giacomo Rizzolatti e sua equipe descobriram que neurônios localizados numa área específica do córtex pré-motor de macacos eram ativados, quando o macaco realizava certo movimento e, também, quando simplesmente observava o mesmo movimento. Esse pesquisador os nomeou de *Neurônios Espelho*. Veja-se

este exemplo: agarrar um pedaço de comida com a mão e observar o experimentador fazer o mesmo movimento ativou respostas neurais dos neurônios localizados na mesma área (Rizzolatti; Sinigaglia, 2010). Portanto, a função espelho desses neurônios pré-motores é um correlato fisiológico da Codificação Comum de Prinz e é fundamental para os estudos da relação entre a percepção e a ação.

Em estudos realizados com sons, os neurônios da mesma área específica do córtex pré-motor de macacos eram ativados, quando o macaco realizava uma ação com a mão (exemplo: rasgar um papel). O macaco via e ouvia, simultaneamente, a ação que era feita por um experimentador; os neurônios espelho foram ativados durante os dois movimentos – observação e execução da ação. Mesmo quando o macaco apenas ouvia o som da ação, sem estímulo visual algum, esses neurônios eram ativados. No entanto, essa área do cérebro não se ativava quando ouvia sons de controle (Kohler et al., 2002).

No homem, não é possível registrar neurônios em condições experimentais; contudo, o emprego de técnicas de fMRI (ressonância magnética funcional) já permitiu identificar os *sistemas-espelho,* ou mecanismos-espelho, cuja atividade aumenta quando o indivíduo observa outras pessoas realizando movimentos conhecidos (Lent, 2010).

É possível citar estudos que também observaram a relação entre a percepção e a ação durante a escuta de música. Em um desses estudos, com a utilização de MEG (magnetoencefalograma), pianistas e não-músicos ouviram música de piano. Observou-se que os pianistas mostraram atividade neuronal na área pré-motora, enquanto os não-músicos não mostraram nenhuma atividade nessa área. A tarefa era detectar notas erradas, mas os testes com notas erradas foram excluídos da análise de dados. O centro da atividade neuronal para notas que costumavam ser tocadas com o dedo mínimo estava localizado mais acima do centro de atividade para notas que normalmente seriam tocadas com o dedo polegar. Esse dado comprovou que a atividade neural observada era pré-motora (Haueisen; Knosche, 2001). Ativações semelhantes foram observadas através de fMRI, quando violinistas ouviram música de violino (Dick et al., 2011).

Outros estudos comportamentais que evidenciam o estreito acoplamento entre a ação e a percepção também podem ser mencionados. Em um deles, pianistas e não-músicos foram instruídos a tocar diferentes intervalos seguindo estímulos visuais correspondentes. Simultaneamente com os estímulos visuais foram apresentados sons, que poderiam ser congruentes ou incongruentes com o estímulo visual (exemplo: o participante foi instruído visualmente a tocar um intervalo de terça e simultaneamente ouviu o som de um intervalo diferente). Nos resultados, os pianistas reagiram mais devagar aos estímulos visuais quando o som era incongruente com o estímulo. No caso dos não-músicos não houve diferença. Além disso, os sons ouvidos podiam induzir a respostas incorretas (por exemplo: pianistas tocaram o intervalo ouvido em lugar do intervalo instruído visualmente). O que ocorreu foi que, em razão do treinamento musical do piano, os pianistas adquiriram grande capacidade de associar movimentos e seus efeitos auditivos (Drost et al., 2005).

Essa relação entre percepção e ação também foi estudada com apenas não-músicos. A ativação do córtex pré-motor foi observada quando os participantes cantavam e quando ouviam música. Entretanto, observou-se atividade pré-motora na mesma área durante a produção e a audição da fala, evidenciando que os correlatos neurais dos Mecanismos Espelho se sobrepõem fortemente na percepção da música e da fala. Foi observado, também, que essa área se ativa não apenas na percepção da música e da fala, mas também na performance do canto e da fala (Callan et al., 2006).

Há outro estudo sobre efeitos do treinamento musical em não-músicos a se mencionar: estes foram treinados durante cinco dias para tocar uma melodia com a mão direita, no piano. Após o período de treinamento, o ato de simplesmente ouvir a melodia aprendida ativou o córtex pré-motor, ao passo que ouvir uma melodia diferente da aprendida não ativou essa área do cérebro. Observou-se, desse modo, que nos estágios iniciais de aprendizagem a mediação entre a Percepção e a Ação depende de padrões musicais aprendidos bastante específicos (Lahav et al., 2007). Por outro lado, em músicos, essa atividade não deixa de acontecer quando são ouvidas melodias

não familiares. Efeitos similares foram observados em atores, ao ouvirem falas dramáticas (Dick et al., 2011)

A emoção como mediadora

Koelsch pesquisou essa mediação entre *percepção* e *ação* em processos emocionais. Utilizou-se um fMRI por meio da qual foram apresentadas, aos participantes, músicas agradáveis e desagradáveis. Verificou-se um aumento de sinal nas áreas pré-motoras quando ouvida música agradável e uma diminuição do sinal nessas áreas durante a escuta de música desagradável. Portanto, é possível afirmar que a atividade pré-motora durante a escuta da música foi acionado pelo valor emocional da música, sugerindo que a mediação entre a Percepção e a Ação é modulada por processos emocionais. É provável que essa região mantenha alguma relação com a laringe, considerando-se que o estudo evidenciou que os participantes quase cantavam ao tempo em que ouviam as melodias agradáveis (sem estar cientes disso e de forma não intencional), mas não o faziam com as melodias desagradáveis (Koelsch et al., 2006). É consistente, portanto, a afirmação de que os Mecanismos Espelho podem ser modulados por fatores emocionais (Warren et al., 2006).

Um teste com 22 indivíduos pode corroborar essa possibilidade de conexão emotiva. O objetivo era determinar o tipo de sentimento que seria transmitido ao se escutar uma música. Dentre os participantes existiam pessoas que tinham experiência com música e outras que não possuíam qualquer experiência. Para o teste foi tocada a obra de Chopin – Estudo n.3 em Mi maior, Op. 10, "Tristesse". A execução foi gravada em um computador e apresentada sincronizadamente com figuras de rostos que manifestavam diversos tipos de emoções, como felicidade e tristeza. Assim, as pessoas deveriam apontar para o que elas estavam sentindo, e não o que elas achavam que Chopin e o intérprete queriam transmitir, influenciados por informações prévias, como o título. Nos testes, ficou demonstrado que as características dessa música e seus tempos flutuantes

causaram ondas cerebrais em regiões motoras em consonância com a música, influenciando, também, na resposta emotiva ao teste (Chapin et al., 2010). Desse modo, pode-se perceber como o processo musical emocional também trabalha em relação ao sistema neurônio espelho humano.

Com relação aos aspectos temporais (métrica) da música, foi observado que a estrutura cortical (Área Motora Suplementar, SMA, e Córtex Motor Primário, PMC) e subcortical (gânglios basais e cerebelo) estavam ativas tanto na percepção quanto na performance do pulso, métrica e ritmo (Grahn; Brett, 2007). Além disso, a conectividade funcional entre os gânglios basais, SMA e PMC, aumentaram durante a percepção de sequências de tons com base em um pulso isócrono[5] (Grahn; Rowe, 2009). Pacientes com Parkinson apresentaram maiores dificuldades para distinguir mudanças nessas sequências, demonstrando que os gânglios basais SMA e PMC, e cerebelo desempenham importante papel tanto para a performance quanto para a percepção de ritmo e métrica (Grahn, 2009).

Os estudos referidos aqui constituem uma pequena amostra do que tem sido estudado sobre o funcionamento do cérebro em relação às atividades musicais, tanto em relação à percepção quanto em relação à performance, e mostram que há um importante caminho a ser percorrido e aprofundado nas estratégias de estudo implementadas pelos músicos, paralelamente ao estudo do instrumento. Os músicos, ao utilizarem a criatividade juntamente com a capacidade de auto-observação, no processo de preparação da performance e ampliarem a consciência a respeito da forma de estudar, passam a fazê-lo com mais eficiência e evitam desperdícios de horas de estudos maçantes, monótonas e repetitivas.

Contudo, já é possível afirmar que se aprende muito antes de pegar o instrumento para estudar. Considera-se uma excelente primeira estratégia estudar tudo o que for possível, nos momentos preliminares do estudo de um novo repertório musical ou passagem

---

5 Pulso regular, metronômico.

técnica, no sentido de melhorar as competências no aprendizado motor. Neste trabalho, esse estudo é denominado *Estudo Preliminar*. De acordo com Biaggi et al., entende-se o estudo preliminar:

> [...] como sendo toda estratégia utilizada antes da prática instrumental propriamente dita, ou nos momentos que permeiam as várias sessões de estudo do instrumento e, em alguns casos, paralelamente ao estudo do instrumento. Frequentemente os músicos empreendem essas estratégias, quando, por exemplo: cantam a música em sua mente; ouvem gravações para absorver a música de forma mais abrangente; pensam em formas de melhorar passagens tecnicamente desafiadoras, modificando, no caso de instrumentos de cordas, arcadas e dedilhados mentalmente; criam possíveis narrativas através de determinada obra musical; entram em contato com as emoções que aquela obra suscita ou então emoções que pretendem transmitir ao público através da performance da obra. (Biaggi et al., 2019)

Escutar diversas gravações, assistir a apresentações ao vivo ou em vídeo, solfejar a partitura, cantar, imaginar-se tocando uma passagem planejando dedilhados e arcadas, ler aspectos históricos, analisar e planejar os aspectos emocionais da obra, todos esses aspectos têm forte influência e servem de ponto de partida para o aprendizado sensório-motor da obra, além de prevenir erros desnecessários quando se utiliza o instrumento para praticar e estudar, ou mesmo insistir no estudo de repetição e erro, que é muito prejudicial para a aprendizagem.

> Dentro das estratégias de estudo criativas, sem o uso do instrumento, consideramos o estudo preliminar como importante ferramenta de aprendizagem motora e cognitiva. [...] Ele é uma alternativa importante ao sistema de aprendizado instrumental baseado na repetição da tentativa e erro, ainda muito utilizado por profissionais e estudantes. Em repertórios desafiadores, passagens com dificuldades técnicas frequentemente criam tensões físicas e emocionais, que podem prejudicar a performance do músico. Daí a importância de

> acharmos soluções para que estas passagens possam ser aprendidas de forma saudável, consciente e criativa. (Biaggi et al., 2019)

Trompetistas, por exemplo, alegam explorar ao máximo essa estratégia de estudo, em comparação a outros instrumentistas. Principalmente para resguardar a embocadura,[6] procuram aprender tudo o que é possível, sobre a música, antes de começar a soprar o bocal, haja vista que essa prática, prolongada, pode provocar distensões, cansaço e ferimentos nos lábios e músculos da face. Além de solfejar, cantar e assistir a gravações, esses músicos costumam também digitar os pistões do trompete na sequência e ritmo da passagem desejada para antecipar toda a memória muscular, otimizando o tempo de estudo com os lábios.

Um exemplo prático da necessidade dessa preparação preliminar se dá na aprendizagem de um novo Estudo, que são pequenas obras solo, de duas ou três páginas, utilizadas para o ganho de vocabulário técnico/musical. Geralmente precisam ser aprendidos em um curto espaço de tempo de uma a duas semanas, e possuem a característica de abordar intensivamente uma ou mais técnicas específicas, inseridas num contexto musical. Como exemplo, utiliza-se o Estudo n.6 de D. Popper (1982), do seu livro de quarenta estudos, High School of Cello Playing Op. 73.

Com base nas informações sobre aprendizagem motora (estágio cognitivo) e estudo preliminar até aqui abordados, o violoncelista poderá decidir que, no primeiro contato com esse estudo de Popper, durante o primeiro dia, por exemplo, ele não utilizará o instrumento, com o propósito de adquirir o máximo de informações possíveis. O primeiro contato deverá ser apenas com a partitura e com uma gravação em áudio, que será ouvida algumas vezes, até que tenha solfejado e aprendido os ritmos, as principais melodias e identificado o grau de dificuldade das principais passagens técnicas. Após esse trabalho, com base nos conhecimentos sobre

---

6 Uso dos músculos faciais e dos lábios contra o bocal ou boquilha de um instrumento de sopro.

Figura 34 – Estudo n.6, High School of Cello Playing de David Popper

High School of Cello Playing
(40 Etudes)
No. 6
David Popper
Allegro.

Fonte: Popper (1982)

o aprendizado motor – ou seja, o quanto se aprende apenas com observação e o quanto essa atividade já inicia a formação de conexões neurais em áreas motoras do cérebro –, a sugestão é de que se assistam algumas gravações em vídeo apenas para observar outros violoncelistas tocando, ainda que já aprendendo a obra em nível motor.

Para sistematizar o estudo, como exemplo, pode-se definir uma quantidade inicial de 10 vezes para ouvir o estudo com a partitura e, logo em seguida, mais 10 vezes de estudo da partitura assistindo aos vídeos, totalizando 20 vezes de contato preliminar com informações sobre a obra e de aprendizado motor, sem o instrumento. Esse número inicial poderá variar, sendo ajustado subjetivamente pelo violoncelista, de acordo com seu próprio *feedback* de aprendizado ou com as características da obra. Durante esse processo, o violoncelista pode verificar: arcadas, regiões e golpes de arco, articulação, velocidade ideal, dedilhados das passagens difíceis, dinâmicas, *rubatos*[7] e aspectos musicais que diferem de uma gravação para outra. Também é nesse momento que se pode organizar ou programar o estudo das passagens em níveis de dificuldades, para sistematizar o estudo do dia seguinte.

No exemplo a seguir, do estudo n.6, não há variedade rítmica e de arcadas, por conter apenas semicolcheias, com arcadas em détaché.[8] A dificuldade desse estudo está na velocidade e no nível das mudanças de posição. Boa parte do estudo oferece nível de dificuldade fácil e média, mas contém um trecho central de grande dificuldade, entre o compasso 34 até a reexposição, no compasso 40.

Figura 35 – Popper n.6: compassos 34 até 40

Fonte: Popper (1982)

---

7 Em música, tempo *rubato* ou apenas *rubato* (que significa roubado em italiano) é acelerar ou desacelerar ligeiramente o tempo de uma peça à discrição do intérprete.

8 O termo *detaché* significa simplesmente "separado" e pode ser aplicado a qualquer nota não vinculada por uma ligadura, com arcadas separadas, mas semiligadas, sem tirar o arco da corda.

Nesse caso, ainda com base nos conhecimentos adquiridos anteriormente neste trabalho, uma sugestão de estratégia eficaz de estudo para a passagem seria o agendamento ou programação do tempo disponível (uma ou duas semanas), já no primeiro dia, determinando o metrônomo do tempo inicial e do tempo final a ser trabalhado e desenvolvido no estudo; para as repetições, as velocidades mais lentas deverão ser repetidas em maior quantidade do que as velocidades mais rápidas, o que permitirá a monitoração de todos os aspectos importantes (afinação, precisão rítmica, sonoridade etc.), ou seja, antecipadamente, o trabalho que precisará ser feito com as repetições, no instrumento, ficará determinado. Gradativamente, podem-se acrescentar as passagens menos difíceis, em ordem inversa de dificuldade, até que se tenha todo o estudo.

Esse tipo de estudo preliminar pode ser feito com qualquer passagem difícil do repertório violoncelístico; evita-se, desse modo, o estudo por repetição e erro, tão prejudicial para o aprendizado motor de precisão; reúne-se o máximo de informações para essa fase cognitiva do aprendizado, programa-se todo o trabalho para a fase associativa, além de otimizar-se a aprendizagem e o tempo de estudo.

A importância do estudo lento. Estudos sobre a performance através do erro

Sabe-se que a quantidade de estudo é importante. A afirmação popular de que 10.000 horas de prática são a chave para se tornar um especialista em qualquer tarefa contém alguma verdade. No entanto, estudos de psicologia relacionados a músicos mostraram que apenas a quantidade de estudo não é o único requisito. Músicos experientes dedicam-se ao estudo em quantidade variada de horas; em média, essa quantidade pode representar apenas cerca de 30% da variação na qualidade do desempenho, o que significa que 70% da experiência musical permanece em outras estratégias, por exemplo, a qualidade do estudo. Pesquisas com instrumentistas descobriram que a estrutura, o planejamento de metas e a auto avaliação

são ingredientes importantes para uma prática de boa qualidade (ALLINGHAM, 2019).

Outras descobertas interessantes na área da psicologia, relacionadas à prática no estudo da música, apontam que filmar a si mesmo durante o estudo pode ajudar a evitar o pânico decorrente de pressão. Também sugerem que o melhor período para se estudar é pela manhã, e que os alunos iniciantes podem aprender melhor as sequências se as praticarem em ordem aleatória, em vez de reproduzir repetidamente cada uma em ordem sequencial. Também interessante, para os psicólogos, é como o tempo (velocidade) é usado na prática musical de passagens rápidas. Iniciar lentamente, e gradualmente aumentar o andamento é, talvez, o método mais utilizado. Porém, algumas pesquisas mostram que os pianistas podem aprender passagens de escala mais rapidamente se alternarem apenas entre dois tempos: lento e rápido (ibidem, 2019).

Anteriormente, foram descritos os processos neurais relacionados com a percepção da ação do movimento, ainda antes de executá-lo. Maidhof e Koelsch (2013), entre outros pesquisadores, investigaram as relações neurais da performance musical, ou seja, incluindo também a execução da ação de tocar. Limita-se, aqui, a estudos recentes que utilizaram eletroencefalograma (EEG) e magnetoencefalograma (MEG), porque são aparelhos que podem medir as respostas elétricas do cérebro e permitem estudar vários processos corticais com resolução de milissegundos.

Quando tocam, solo ou em grupo, os músicos estabelecem, continuamente:

- objetivo de ação: planejamento do movimento motor correto a ser executado do objeto musical. É nesse estágio que se tem consciência das notas que precisam ser tocadas, já identificando as possíveis dificuldades técnicas;
- programa motor: corresponde a executar o movimento correto, no tempo e na força corretos, como dedilhados, arcadas e todos os aspectos técnicos necessários para a passagem musical;
- monitoramento: os movimentos são monitorados, comparando-se o movimento atual com o movimento planejado;

- movimentos de correção, quando necessário: iniciam-se movimentos para corrigir diferenças entre os planejados e os atuais, também utilizados quando se estão sincronizando movimentos com os de outros músicos;
- correções memorizadas: durante a performance essas correções são memorizadas e integradas aos movimentos simultâneos;
- percepção dos efeitos: a percepção dos efeitos da ação fornece o *feedback* do movimento atual, o que completa a ação e pode novamente modificar, programar, executar e controlar uma nova ação.

Todos esses processos se sobrepõem no tempo, não são sucessivos, o que torna o seu estudo bastante desafiador. Portanto, outra característica importante dos estudos que serão apresentados é a utilização de erros provocados. Essa é uma maneira eficiente de investigar esses processos na performance musical, examinando as correlações neurais naqueles que são relacionados ao erro.

Mesmo uma grande quantidade de horas de prática ou estudo não pouparia um músico de cometer erros. Esses erros acontecem por várias razões, entre as quais:

- lapso de atenção,
- lapso de memória,
- erro na leitura,
- excesso de velocidade.

O estudo desses erros constitui uma excelente oportunidade para se pesquisarem os mecanismos desses processos e o processamento de informações que ocorrem durante a performance musical. Muitas dúvidas surgem sobre em qual ponto no tempo os erros são realmente detectados pelo sistema sensório-motor, se são percebidos antes da execução ou em que ponto do tempo é ainda possível corrigi-los.

Por meio do estudo a seguir e com a intenção de identificar se os erros são detectados ainda antes do movimento totalmente executado,

Maidhof et al. (2009) pesquisaram sobre pianistas experientes que tocavam escalas: padrões de escalas em diferentes tonalidades e com as duas mãos, em tempos relativamente rápidos, 69 e 144 bpm (batidas por minuto), para provocá-los a cometerem erros e comparar os potenciais elétricos do cérebro das notas erradas com os das notas certas. Observe-se a Figura 36.

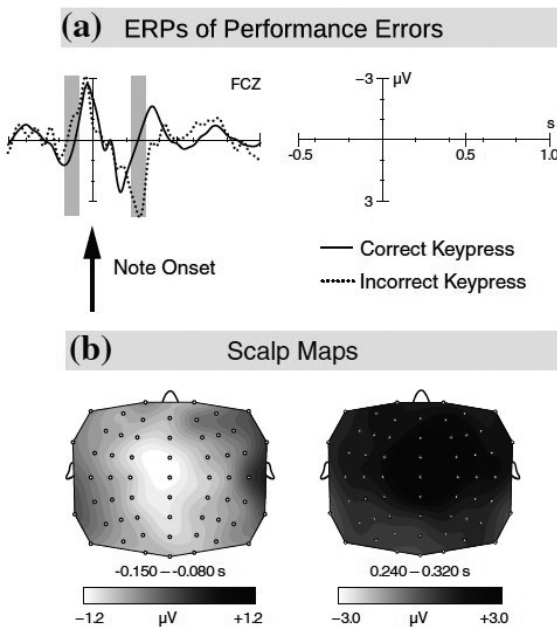
Figura 36 – Padrões de escalas entre 69 e 144 bpm. Também foram utilizadas tonalidades diferentes para esse estímulo

Fonte: Maidhof, C.; Koelsch, S. (2013)

Os resultados indicaram que os pianistas pressionam as teclas incorretas mais lentamente do que as corretas, comparando com a mesma passagem tocada corretamente; as simultâneas corretas e a velocidade delas não foi influenciada pela velocidade mais lenta das notas erradas da outra mão, dessincronizando-as.

Em outro estudo semelhante, evidenciou-se que as notas incorretas diminuem a velocidade da nota correta imediatamente anterior e posterior, chamada de desaceleração pré e pós-erro, alterando o intervalo de tempo dessas também (Herrojo-Ruiz et al., 2009).

Maiores detalhes sobre os estudos de Maidhof et al. (2009) mostram que, na comparação com as notas corretas, as notas incorretas provocaram um aumento da negatividade dos impulsos elétricos, antes de a nota a ser pressionada em cerca de 100 milissegundos (0,1 segundo), e um aumento da positividade dos impulsos em cerca de 280 milissegundos após ser pressionada:

Figura 37 – Resultados dos eletroencefalogramas e magnetoencefalogramas

Fonte: Maidhof; Koelsch (2013)

Com base nesses resultados, é possível afirmar que um erro é percebido antes mesmo de ser cometido e que, ainda que não tenha sido cometido, apenas prevê-lo já pode afetar a velocidade e a sincronia da passagem. Portanto, confere-se, aqui, a evidência científica da necessidade de se estudar uma passagem lentamente, de modo a se evitarem erros, ou mesmo a sensação provocada pelos que, corrigidos a tempo, ainda assim influenciam a performance.

Resultados semelhantes foram encontrados nos estudos de Herrojo-Ruiz et al. (2009), em que foram utilizados experimentos extraindo o *feedback* auditivo dos participantes. Notou-se uma diminuição considerável no reflexo posterior ou na desaceleração pós-erro, porém, o aumento da negatividade anterior da nota foi idêntico ao do estudo com *feedback* auditivo.

Depois de bem aprendida uma passagem musical, esses resultados mostram que o *feedback* auditivo se torna irrelevante na monitoração do erro. Esses estudos mostraram, ainda, que, mesmo com a completa ausência do som do piano, a performance da passagem aconteceu com quase nenhum prejuízo. Esse dado indicia que quando se aumenta a velocidade da passagem automatizada, corretamente ou não, perde-se a capacidade de julgá-la, por exemplo, se essa passagem estaria evoluindo, mantendo ou perdendo a qualidade durante a performance. Evidencia-se, assim, a necessidade de um estudo mais lento, tanto para melhorar a passagem quanto para mantê-la.

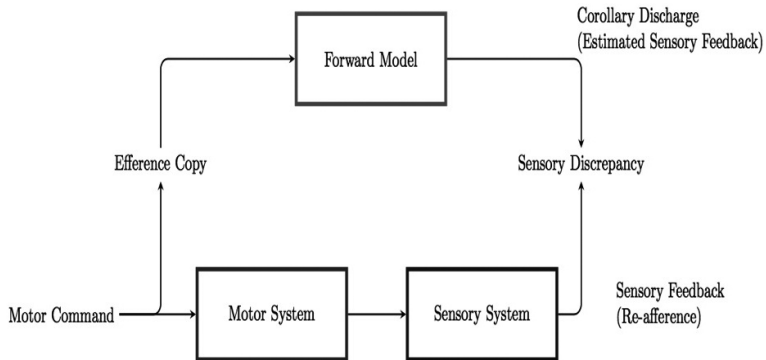
Entretanto, esses estudos mencionados utilizam o exato ponto no qual a nota soou, informado pelo sinal MIDI,[9] ignorando o momento em que a tecla foi encostada pelo dedo. Considerando-se que o tempo entre encostar na tecla e realmente fazê-la soar durar algumas dezenas de milissegundos, um *feedback* tátil pode já ter contribuído para a antecipação do erro, aumentando, desse modo, a margem dessa antecipação.

O fato de os sinais provocados por movimentos incorretos dispararem antes da tecla ser pressionada indica que os erros são detectados antes mesmo de serem cometidos. Esse processo de detecção de erro é provavelmente baseado em modelos internos de antecipação do sistema motor, chamados de cópias eferentes (*efference copy*). Durante a formação de um programa motor, o modelo de antecipação provavelmente já está preparado e inclui uma cópia

---

9 MIDI (Musical Instrument Digital Interface, em português: Interface Digital de Instrumentos Musicais) é um padrão de interconexão física e lógica, criado em 1982 por um consórcio de fabricantes de sintetizadores japoneses e estadunidenses, que facilita a comunicação em tempo real entre instrumentos musicais eletrônicos, computadores e dispositivos relacionados.

interna, a cópia eferente. Como visto anteriormente, a formação de um programa motor leva em conta o objetivo da ação e as condições iniciais do movimento, como a localização e movimentos do corpo, braço, mãos, dedos e o alvo, a tecla do piano, por exemplo (Maidhof et al., 2009). Observe-se a Figura 38.

Figura 38 – Fluxograma do sistema motor, incluindo a cópia eferente

Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/efference_copy

Uma *cópia eferente* é usada para gerar uma previsão de *feedback* sensorial (*corollary discharge*), que estima as consequências sensórias do comando motor (linha superior da Figura 38). As consequências sensoriais atuais do comando motor (linha inferior da Figura 38) são usadas para comparar com o *feedback* sensorial estimado, informando o Sistema Nervoso Central sobre as ações externas. Portanto, no sistema motor, quando uma área do córtex envia um comando para um músculo, essa mesma área envia uma cópia desse comando (cópia eferente) para outras estruturas sensoriais e motoras, que fazem os ajustes da percepção e os ajustes posturais necessários para aquele movimento (Wolpert; Mialll, 1996).

Assim como quando aprendemos as primeiras palavras, na linguagem, e aumentamos nosso vocabulário, o sistema de movimentos motores são alimentados com novas cópias estimadas. A necessidade de uma cópia eferente para o funcionamento do sistema motor é a evidência da necessidade de se ter um vocabulário motor, ou seja,

do aprendizado sistematizado de um abrangente vocabulário para suprir todas as demandas da atividade artística de um violoncelista profissional.

Segundo Maidhof et al. (2009), a formação de um programa motor parece envolver várias áreas do cérebro, incluindo a pré-área motora suplementar, a área motora suplementar propriamente e a do pré-campo visual suplementar (Figura 39); o córtex pré-motor e o córtex motor primário (Figura 40); o gânglio basal e áreas parietais (Figura 41). Confiram-se as figuras 39, 40 e 41.

Figura 39 – Pré-área motora suplementar (Pré-SMA), a área motora suplementar (SMA) propriamente, a pré-campo visual suplementar (área em oval)

Fonte: Maidhof; Koelsch (2013)

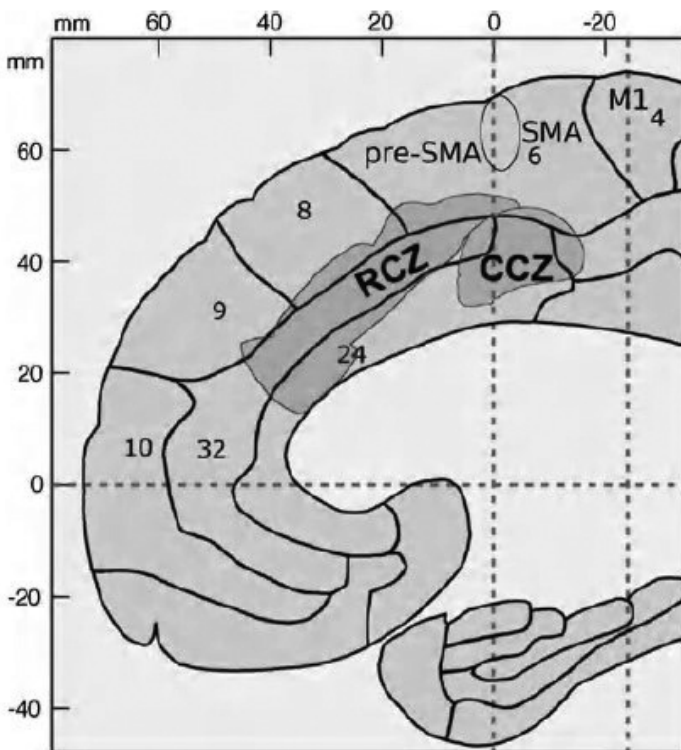



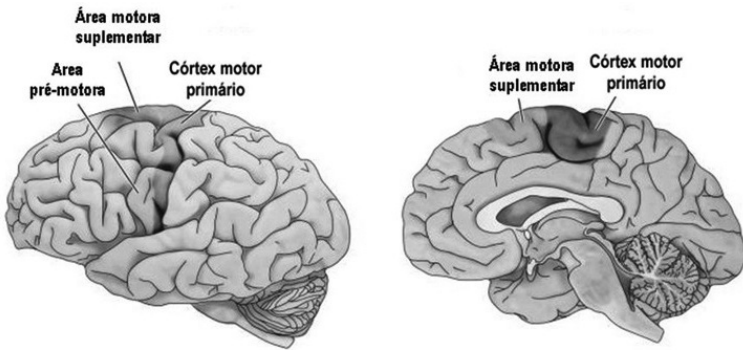
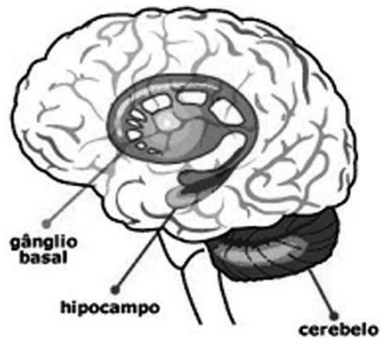
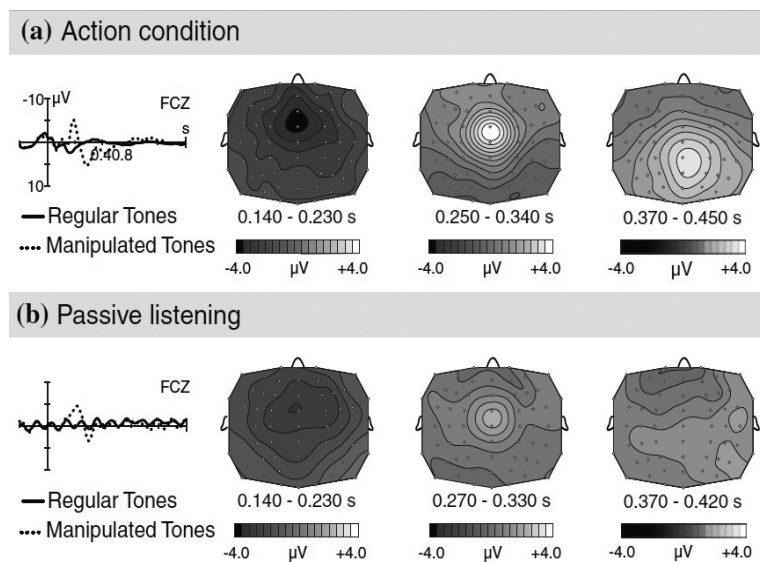
Figura 40 – O córtex pré-motor e o córtex motor primário

Fonte: https://www.slideserve.com/deanna/controle-da-motricidade-som-tica-c-rtex-motor-cerebelo-e-n-cleos-da-base

Figura 41 – Gânglio basal e áreas parietais

Fonte: http://neuronios-saudemental.blogspot.com/2009/09/tdah-e-regioes-cerebrais-afetadas.html

Além dos experimentos já mencionados, no estudo de Maidhof et al. (2009) foram manipuladas, aleatoriamente, 40 a 60 notas (aproximadamente) produzidas como sons falsos para notas tocadas corretamente. Para esses sons falsos, o som do piano digital foi programado para soar meio tom abaixo, nessas notas aleatórias, com o objetivo de investigar o tempo dos mecanismos neurais e do processamento do *feedback* auditivo da performance. O estudo foi realizado com pianistas que tocavam e outros que apenas ouviam.

Os resultados do quadro abaixo mostram os sinais das notas tocadas corretamente, com ou sem manipulação do som, tanto para pianistas que estavam tocando (Figura 42a) quanto para os que estavam apenas ouvindo (Figura 42b).

Figura 42 – Resultados entre notas corretas e notas manipuladas, entre pianistas tocando e apenas ouvindo

Fonte: Maidhof; Koelsch (2013)

As notas manipuladas provocaram uma negatividade próxima a 200 ms, com uma distribuição fronto-central no crânio, demonstrando a percepção do erro nessas regiões motoras e confirmando,

também, que o sinal do erro pode levar a modulações corretivas dos comandos motores.

Todos os estudos mencionados confirmaram que o sinal do erro pode levar a modulações corretivas dos comandos motores. Também mostraram, consistentemente, um maior entrelaçamento ou acoplamento entre sistemas auditivo e motor em indivíduos com treinamento musical, comparado aos não músicos.

Entretanto, é importante notar que às vezes a execução de movimentos é mais rápida do que a propagação da informação sensorial para o córtex (estímulo aqui utilizado por Maidhof et al. [2009] para levar ao erro); então, o *feedback* sensorial não pode ser sempre utilizado para corrigir movimentos. Também, como anteriormente evidenciado, verificou-se a necessidade do estudo em velocidade lenta para monitoração dos erros a tempo de corrigi-los, uma velocidade lenta suficientemente para eliminar a sensação do erro, que, conquanto corrigido a tempo, pode criar lapsos perceptivos e causar a dessincronização e a desaceleração da performance.

Além da redução da velocidade, entre outras estratégias, é importante que a atenção seja redobrada a fim de não se cometerem novos erros, selecionando-se o que seja mais importante para a percepção, repetição ou memorização.

Atenção seletiva

A aprendizagem de qualquer habilidade motora requer a seleção de informações que podem estar, entre outras fontes, contidas no meio ambiente ou fornecidas pelo professor. Para que essas informações sejam retidas para posterior interpretação e possível armazenamento na memória de longa duração, o processo da atenção é fundamental.

> A emoção representa um importante componente modulador da memória, mas não é o único. Também o estado de alerta e a atenção atuam sobre ela. Lembramos mais facilmente os acontecimentos de

> cada dia que ocorrem depois que passamos aquela fase sonolenta da manhã, e mais ainda se concentramos a atenção em alguma coisa importante. (Lent, 2010, p.670)

A atenção seletiva pode ser definida como a habilidade de o indivíduo dirigir o foco da atenção a um objeto, movimento ou informação em particular. Gallagher, French, Thomas e Thomas (1993) ressaltam que a atenção seletiva atua no processo de codificação das dicas específicas relacionadas à tarefa e, também, como controladora do processo que mantém informações relevantes na memória de curta duração. Trata-se de um pré-requisito para a codificação e recuperação de informações, ou seja, a atenção seletiva determina o que é percebido e codificado na memória, que, por sua vez, poderá facilitar a recuperação da informação. As informações percebidas com atenção, em geral são muito bem lembradas, ao contrário das informações que não receberam atenção; estas, com frequência, não são lembradas ou são muito vagas (Ladewig; Gallagher; Campos, 1994).

A atenção tem grande importância para a capacidade de retenção de informações relevantes, pois é através dela, associada aos processos de controle, que as informações são gravadas na memória de longa duração, ou memória de longo prazo, por muito tempo, até durante uma vida inteira. Com a prática, a capacidade de seleção e retenção de informações relevantes é aperfeiçoada. A melhora na seleção de informações relevantes poderá facilitar a performance. Durante os estágios da aprendizagem motora ocorrem diversas mudanças, entre elas, o aumento das exigências nos processos da atenção (Ladewig, 2000).

Como visto anteriormente, durante a aprendizagem de uma habilidade motora um indivíduo passa por três estágios: cognitivo, associativo e autônomo. Entre as diversas características de cada estágio, uma importante mudança decorrente da prática ocorre nos processos da atenção. No estágio cognitivo, o indivíduo tenta compreender os objetivos da tarefa, o que sobrecarrega os mecanismos da atenção, proporcionando uma performance irregular. Após

algum período de prática, ele passa para o estágio associativo, no qual consegue manter uma performance mais estável, sendo capaz, inclusive, de detectar alguns erros. As necessidades de atenção nesse estágio decrescem significativamente. Depois de muita prática, ele será capaz de atingir o terceiro e último estágio (autônomo), no qual a habilidade está bem desenvolvida, permitindo que o indivíduo a realize com consistência e quase sem pensar. Nesse último estágio as exigências nos processos da atenção são mínimas, permitindo que ele direcione o foco da atenção para outros aspectos importantes da performance (Fitts; Posner, 1967).

A transição até a automaticidade poderá ocorrer naturalmente, porém o tempo necessário para que isso aconteça irá depender da quantidade de prática e do grau de complexidade da tarefa.

> As pessoas têm uma capacidade restrita de assimilar informações, portanto o professor deve dosar a quantidade de informações transmitidas dentro dos limites de atenção de cada aluno, que podem variar de acordo com as experiências anteriores e repertório motor. (Borém, 2010)

Por mais que isso possa ocorrer em função da prática, é importante que professores tenham conhecimento das diferenças existentes entre crianças e adultos, em termos da utilização de estratégias de atenção seletiva, velocidade no processamento de informações, uso dos processos de controle para processar e armazenar informações, diferenças que determinarão a aprendizagem. De posse dessas informações, pode-se criar o ambiente propício à aprendizagem, minimizando-se as exigências dos processos de atenção por meio de estratégias cognitivas (Ladewig, 2000).

Os tipos de estratégias e os pontos relevantes para onde o indivíduo direciona a sua atenção deverão ser selecionados com base nas suas experiências sobre a atividade. Caso as estratégias selecionadas não promovam o resultado esperado, será preciso reavaliá-las e buscar novas atividades que poderão auxiliar o aprendizado da habilidade desejada.

É fato que, com o tempo, a prática fará com que o indivíduo chegue à automaticidade, reduzindo significativamente as demandas referentes à atenção. Muitos estudos descrevem as vantagens dos métodos de "autoaprendizagem", de "aprendendo fazendo" ou de "tentativa e erro", e o poder de retenção que eles possuem, se comparados aos vários métodos de instrução com professor (Simon, 1989). Contudo, é certo, também, que na autoaprendizagem ocorrem muitos momentos de fracassos e frustrações, haja vista que existem vantagens e desvantagens nos métodos, da mesma forma como existem vantagens e desvantagens nos métodos tradicionais de ensino. Não se pode deixar que os alunos pratiquem sozinhos o tempo todo, tendo em vista que essa prática proporciona mais experiências de erro do que de sucesso. Ressalte-se, também, que não é apropriado passar muitos detalhes por vez, e de uma maneira engessada, sem que os alunos assimilem o porquê e como estão fazendo o movimento.

O objetivo principal durante a aprendizagem de qualquer atividade é fazer com que o aluno obtenha sucesso e sinta prazer no que está fazendo. Encontrar um meio termo, passar algumas informações sobre os objetivos da tarefa e os pontos críticos que necessitarão de atenção e deixá-lo praticar é uma solução. Em determinadas situações, questionar o aluno sobre o que está acontecendo de errado e sobre as soluções que ele utilizaria para contornar o problema. Em outras situações, fazer uso de estratégias de aprendizagem, com dicas cognitivas, principalmente voltadas à melhora da atenção seletiva aos pontos críticos. Após um bom tempo de prática, pode-se aprender a executar o movimento correto, porém o professor poderá facilitar a aprendizagem e diminuir o tempo de estudo, se necessário, para chegar ao movimento ideal, ensinando dicas para um movimento otimizado com boa atenção seletiva, ou seja, estratégias cognitivas que facilitem a aprendizagem, principalmente nos estágios iniciais, com o objetivo de reduzir as demandas nos processos de atenção do aluno. Quando o aprendizado ocorre por meio de métodos com significados relevantes, fortes traços na memória são criados, melhorando a retenção (Ladewig, 2000, p.69).

O renomado professor Ševčík dizia que a primeira qualidade que se pode desejar em um instrumento de cordas é a "justeza da afinação", um objetivo que não se consegue atingir, senão através de uma concentração profunda, não superficial (Ševčík, 1952, apud Collet, 2001).

Um exemplo prático da utilização da atenção seletiva é o foco auditivo, ou seja, a capacidade de ouvir com muito mais precisão por meio da atenção seletiva. Para ouvir um determinado instrumento no meio da massa sonora de uma orquestra, um oboé, por exemplo, é possível focar a audição para ouvi-lo, quase como se separadamente do restante da orquestra. Essa habilidade também se aplica na precisão rítmica e na qualidade da afinação, permitindo monitorá-las com mais eficiência. Pode-se focar a atenção para perceber com mais precisão cada um desses aspectos, aumentando a sensibilidade da percepção e diminuindo a tolerância para imperfeições. Alertar constantemente o aluno para o uso da audição mais crítica possível é também papel do professor. Portanto, é de extrema importância que a atenção seletiva seja utilizada na aprendizagem motora de precisão, focalizando-a em um ou mais aspectos importantes para o aprendizado satisfatório do movimento (precisão rítmica, afinação, qualidade sonora etc.).

Com a intenção de reforçar a importância de se terem todas as informações necessárias sobre o movimento e da atenção seletiva para a monitoração da aprendizagem ou da correção, traz-se, como exemplo, o aprendizado referente às aberturas e extensões da mão esquerda do violoncelista. Esse exemplo sobre atenção seletiva está mais relacionado à ergonomia e à técnica do violoncelo. A automatização do movimento correto, nesse caso, para abertura sempre correta da mão, depende da atenção seletiva das informações sobre o movimento. Existe um mau hábito, muito comum entre os violoncelistas, de se abrir a mão lateralmente, ou seja, os dedos se abrem no sentido horizontal, conforme se pode ver na Figura 43, uma posição que força as articulações da mão, leva à tensão e irregularidade na abertura entre os dedos e exige do violoncelista uma constante manutenção da afinação da fôrma de mão.

A fôrma da mão esquerda, no violoncelo, oferece duas posições básicas: a natural e a estendida. Com apenas essas duas posições básicas, é possível tocar todas as notas das cinco primeiras posições do violoncelo, praticamente metade da tessitura do instrumento e das notas do espelho.[10] Na posição natural, a abertura da mão é muito próxima do modo natural. Na Figura 43, a seguir, vê-se a foto de uma mão cuja abertura da fôrma natural está errada, pois é realizada lateralmente.

Figura 43 – Abertura lateral da mão, na horizontal, forçando as articulações

Fonte: acervo do autor

Nas fotos que a seguir, podem-se visualizar posições impróprias à performance do violoncelo, provocadas pelo mau hábito de se abrir a mão lateralmente e perpetuadas por meio de alguns métodos de ensino básico.

10 Parte do violoncelo onde as cordas são pressionadas (*fingerboard*).

Figura 44 – Exemplo de abertura errada dos dedos na posição natural, retirado de um método de ensino básico de violoncelo

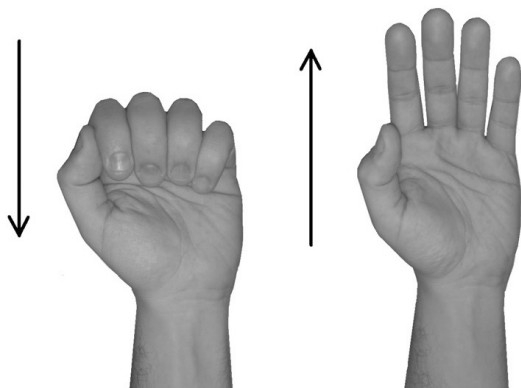
Fonte: http://www.manukauyouthorchestra.org.nz/cello/left/

Figura 45 – Posição com abertura errada da primeira posição

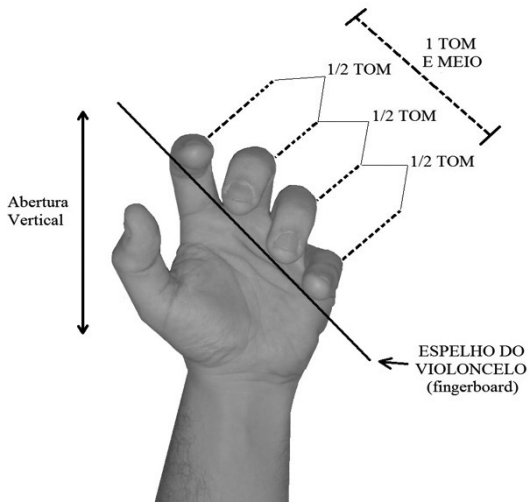
Fonte: http://violonceloocello.blogspot.com/2012/07/notas-do-violoncelo-calejando-o--dedo.html

Esse tipo de abertura lateral da posição natural pode não ser um problema para pessoas cujas mãos são grandes, com aberturas naturais que se aproximam à posição natural; contudo, para crianças e adultos cujas mãos são menores, a posição natural já exige certa abertura, que deve ser feita de maneira adequada para alcançar, satisfatoriamente, as notas desejadas.

A abertura correta entre os dedos consiste em utilizar o movimento natural dos dedos da mão, no sentido vertical, como na Figura 46. Ressalta-se que em todas as fotos que aparecem a seguir, nesta seção, a mão estará sempre na posição vertical, para melhor visualização.

Figura 46 – Movimento natural dos dedos, no sentido vertical (visão vertical da mão)

Fonte: acervo do autor

Destaca-se a importância de se alcançar a distância de um semitom entre cada dedo, na posição natural, de modo a se ter um tom e meio entre o primeiro e quarto dedo, sempre na abertura vertical, ou seja, no sentido ergonômico, natural dos dedos, a exemplo da Figura 47.

Figura 47 – Posição natural da fôrma de mão, dedos abrindo no sentido natural, verticalmente (visão vertical da mão)

Fonte: acervo do autor

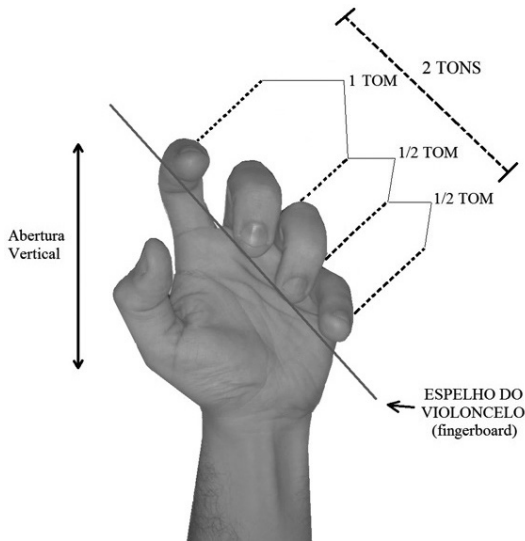
Esse hábito motor torna-se ainda mais prejudicial quando a abertura da mão é na fôrma estendida. A fôrma estendida depende de uma abertura maior entre o primeiro e segundo dedo, de modo a formar um intervalo de um tom de distância, necessário para atingir notas próximas em um semitom sem a necessidade de mudar de posição (movimento do braço) para que as notas sejam alcançadas. A Figura 48 demonstra a posição estendida aberta de maneira errada, lateralmente:

Figura 48 – Fôrma estendida aberta errado, lateralmente

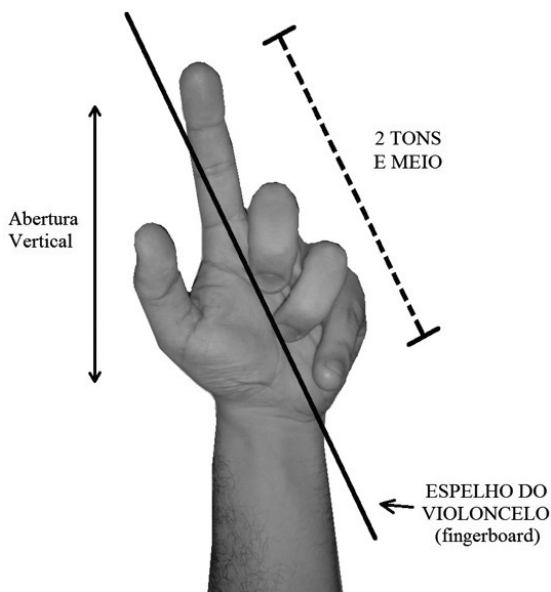
Fonte: acervo do autor

A abertura estendida nesse sentido horizontal, na qual os dedos são afastados para fora, exige uma posição ainda mais aberta dos dedos, o que vai contra a ergonomia da mão. A necessidade de abrir mais ainda a mão agrava os problemas relacionados a esse tipo de abertura, haja vista que a mão não abre suficientemente, causando constantes problemas de afinação, além das tensões e irregularidades mencionadas anteriormente.

A Figura 49, a seguir, ilustra a maneira correta de abrir a fôrma de mão na posição estendida:

Figura 49 – Posição estendida corretamente, abertura vertical (visão vertical da mão)

Fonte: acervo do autor

Se explorados os limites desse tipo de abertura e a correta posição, consegue-se abrir a mão ainda mais, chegando a dois tons e meio, que é a abertura geralmente utilizada para tocar oitavas, sem a necessidade de se forçar as articulações laterais da mão. Veja-se a Figura 50.

Figura 50 – Posição estendia ao máximo com dois tons e meio de distância

Fonte: acervo do autor

Para uma eficiente automatização desses movimentos e da maneira correta, é importante um constante trabalho de atenção seletiva com o aluno, em que se confere constantemente a fôrma com o auxílio de um espelho e do professor, que deverá observar e orientar para que o movimento errado não volte a ser praticado.

A importância da repetição para o aprendizado

O estudo de um instrumento musical é um estudo técnico, que mobiliza a atenção e requer o engajamento do aluno na prática, cujo objetivo é justamente levá-lo a automatizar o gesto, reduzindo e modificando a necessidade de atenção ao movimento. Esse tipo de desempenho motor é produzido pela automatização de sequências motoras complexas: quando o movimento fica automático, o músico, liberto da atenção aos aspectos mecânicos, tem maior

disponibilidade para aumentar seu repertório e explorar outros aspectos da música, como a dinâmica, a produção de efeitos musicais variados e a própria comunicação do discurso musical (Sacks, 2007; Münte; Altenmüller; Jäncke, 2002).

Como evidenciado anteriormente, modificar um gesto já adquirido, de um padrão automatizado, é muito mais difícil do que aprendê-lo desde o início da forma correta (Sacks, 2007). Para os músicos, a modificação motora no instrumento é necessária em momentos específicos, por exemplo, quando ele muda de técnica, repertório ou instrumento, ou, ainda, por causa de um problema corporal ou dor. No entanto, esse é um processo difícil, que pode levar a fracassos, provocar dificuldades de execução e, em alguns casos, até mesmo o abandono do instrumento.

Se a modificação de um comportamento motor estabelecido é mais difícil do que seu aprendizado, o estudo do processo de aquisição do movimento torna-se fundamental para a compreensão dos elementos relevantes para qualquer ação voltada ao aperfeiçoamento da técnica. O conhecimento dos movimentos necessários, suas características e exigências em termos de postura, repetição, força dá elementos para um raciocínio sobre a mecânica do corpo e do sistema muscular (Borém, 2010). No entanto, essa abordagem mecânica, na maioria das vezes, limita o gesto musical e a capacidade de explorar o ambiente e de se comunicar livremente.

Essa concepção integrada do movimento como ato, gesto vinculado e indissociável da atividade artística determina o processo no qual devem ser buscados os elementos relevantes para uma performance que seja musical e tecnicamente controlada (Vezzá, 2013). Isso significa ser capaz de mover-se com a menor resistência possível, com o menor desperdício de energia possível, para produzir um som que não seja desafinado, tenso, rasgado ou duro, e que ainda tenha beleza e carga emocional. Essa é a tarefa que se coloca para o aluno e para seu professor: a automatização do fazer artístico musical que se comunica em tempo real com o público.

Constatou-se, anteriormente, que o estudo de um instrumento, como outras atividades humanas, induz a mudanças estruturais e

funcionais do sistema nervoso. Esse fenômeno de modificação contínua do SNC provocada pela ação realizada é conhecido como *plasticidade*. A experiência transforma a sua substância; a plasticidade garante que marcas dessa experiência fiquem armazenadas em forma de memórias, em um processo que age em níveis macroestruturais (nos subsistemas organizados do SNC) e microestruturais (no nível das sinapses e das moléculas que viabilizam o funcionamento das conexões neuronais através do corpo) (Münte; Altenmüller; Jäncke, 2002).

Vygotsky (1972) compara esse processo de aprendizado via repetição à marca feita por uma dobradura em uma folha de papel: a marca é "ao mesmo tempo o resultado da modificação produzida e a predisposição a repeti-la". O autor compara esse processo de memorização motora a uma estrada de terra, na qual as carruagens que passam criam um sulco que reforça as modificações feitas pela roda e ajuda o movimento. Outra analogia eficaz, que se pode utilizar, é a comparação da memória com um lápis de intensidade fraca; a cada risco, traço ou letra feitos da mesma forma e no mesmo lugar, intensificam-se esses elementos, deixando-os cada vez mais precisos (Figura 50) e cada vez mais difíceis de serem apagados (Figura 51), mesmo que essa informação não seja acessada por muito tempo.

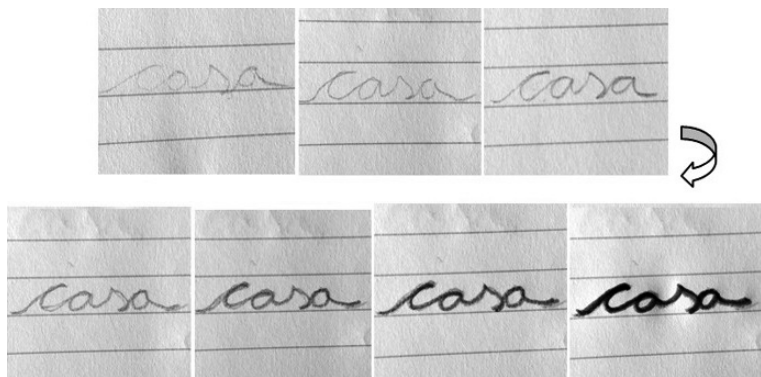
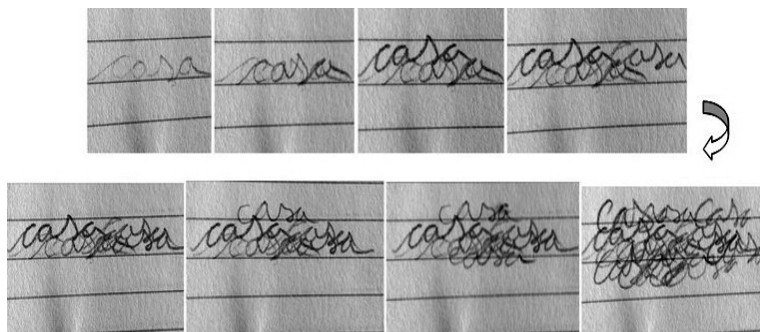
Figura 51 – Escrita precisa representa repetições e memórias cada vez mais fortes e precisas

Fonte: elaboração própria

Figura 52 – Marcas deixada na escrita depois de apagada

Fonte: elaboração própria

Porém, quando esses traços ou letras sobrepõem-se de formas diferentes ou irregulares, o texto ou desenho fica cada vez mais confuso e difícil de ser lido (Figura 52), e também com muitas opções de escrita, o que confunde a leitura.

Figura 53 – Escrita cada vez mais imprecisa e que resulta numa memória confusa, com muitas opções

Fonte: elaboração própria

O mesmo acontece em relação à memorização muscular (braço, mão e dedos), quando se toca o violoncelo. A cada repetição de movimento específico e idêntico, guiado pelo tato e pela audição, os movimentos ficam armazenados cada vez com mais definição e precisão, gravados por muito mais tempo na memória de longo prazo. À medida que movimentos desconcentrados e sem precisão são repetidos, a memória desses movimentos fica cada vez mais confusa, difícil de ser "lida pela mão" e com uma diversidade de opções, o

que provoca a escolha automática de opções mais repetidas, as mais fortes ou menos difíceis de serem lida, que serão, provavelmente, as indesejadas, uma das desafinadas, por exemplo. É muito comum que o estudante não se preocupe em contar as vezes que repete os movimentos incorretos, para poder compará-los com a quantidade de repetições corretas.

Para memórias motoras, constatou-se que é a repetição que alimenta a memória de trabalho e, consequentemente, a memória de longo prazo. Nas três etapas do aprendizado motor a repetição do movimento é muito importante para o aprimoramento da habilidade, ou seja, as memórias motoras se definem e se desenvolvem através das repetições. Para um músico violoncelista é de extrema importância que esses movimentos aprendidos e memorizados sejam de muita precisão.

Ao longo deste trabalho verificou-se que cada repetição de movimento de precisão deve ser feita de maneira criteriosa, mas respeitando o modo como o cérebro aprende memórias de movimentos motores. Anteriormente ao trabalho de repetição, o músico deve pesquisar a maior quantidade possível de informações sobre o movimento e todos os aspectos artísticos relacionados a ele (estudo preliminar) como dinâmica, afinação, ritmo, qualidade de som, aspectos musicais, emocionais etc. O requisito para que não se cometam erros de movimento ou desafinações é a atenção seletiva: ouvir com "seu melhor ouvido", ou seja, com o melhor foco auditivo possível. Deve-se estar atento para que cada repetição tenha a mesma precisão; para tanto, devem-se selecionar velocidades que favoreçam essa precisão, que sejam suficientes para evitar, inclusive, que se percebam possíveis erros, a fim de que somente a sensação do acerto seja gravada na memória.

Sistema básico para aprendizado motor por repetição ou automatização

A utilização de um sistema básico para o aprendizado dos movimentos de precisão por repetição ou automatização pode ajudar o

aluno a otimizar tudo quanto é aprendido e o tempo necessário para o estudo. Com base nos conhecimentos adquiridos anteriormente, o autor deste trabalho sugere um exemplo de sistema básico, que pode ser ajustado ou adaptado às subjetividades de aprendizado de cada violoncelista, e será chamado, eventualmente, aqui, de Estudo para "Cair Certo". O sistema foi baseado nos estágios da aprendizagem motora, em pequena escala; cada etapa do sistema de repetição foi otimizada, respeitando-se a maneira como o cérebro aprende memórias de longa duração e como o sistema motor responde perceptivamente a um comando, acessando o vocabulário motor. Levaram-se também em consideração as informações dos estudos sobre atenção seletiva, percepção e da performance através do erro. Esse sistema básico também pode ser utilizado para movimentos técnicos mais complexos ou para grandes passagens. São três as etapas que o compõem: (1) pesquisa motora, (2) calibragem e (3) repetições.

A primeira etapa desse sistema, a da *pesquisa motora*, começa com algumas poucas tentativas em que o violoncelista busca reproduzir o movimento, com até alguma possibilidade de tentativa e erro, mas com o único intuito de descobrir perceptivamente qual é o movimento correto e quais são as tendências motoras dos movimentos errados. Um exemplo prático: o movimento da mão esquerda para atingir a nota Mi na corda Ré, com o primeiro dedo na primeira posição. Nessa etapa de pesquisa motora, o violoncelista pode colocar inicialmente a mão esquerda no colo ou na nota anterior do movimento desejado. Depois tenta atingir a nota Mi indicada, conferindo sempre com a corda Lá, em cordas duplas, num intervalo de quarta justa. Imediatamente, a afinação do intervalo indicará se o dedo caiu baixo, alto ou afinado, o que remete aos ensinamentos de Duport sobre a importância de cordas duplas para o estudo da afinação. Ainda nessa etapa, o violoncelista tenta perceber a tendência do erro da mão, se a tendência é de ela cair baixo ou de cair alto[11] quando comete o erro. Essas informações das tendências dos erros

11 Trata-se aqui da altura do som, não da posição da mão.

são cruciais para as correções e monitoramento das repetições das próximas etapas.

Na segunda etapa, a de *calibragem*, de posse das informações sobre o movimento e sobre as tendências de erro da mão, o violoncelista inicia o processo de tentativas, que devem ser monitoradas com atenção seletiva para o possível aparecimento de novas informações perceptuais e novas tendências de erro. Durante essas tentativas, percebe-se que, ao se corrigir a tendência de erro anterior, aparecem tendências opostas a esse erro. Veja-se um exemplo: se a tendência era de a nota cair sempre mais baixa, ela passa a cair sempre mais alta. Ainda assim, é melhor corrigir a tendência anterior do que permanecer nela, para que o erro na memória não seja ainda mais reforçado. A cada tentativa errada, a velocidade do movimento deve ser diminuída, aumentando-se, dessa forma, a percepção e o controle sobre o movimento. As tentativas devem seguir cautelosamente até que se perceba que a nota correta começa a ser repetida sequencialmente, ou seja, a nota Mi sempre afinada.

Na etapa de *repetições*, o objetivo é conseguir repetir a nota corretamente – nesse caso o Mi afinado – em quantidade de vezes sucessivas e idênticas, sem errar. Como sugestão, pode-se determinar uma quantidade inicial de dez vezes seguidas, sem desafinar. Essa quantidade pode ser adaptada pelo violoncelista de acordo com sua necessidade, por exemplo, cinco vezes para movimentos menos complexos. Verificou-se, anteriormente, que essa quantidade de repetições determinará se essa memória será transferida para a memória de longo prazo; para cada violoncelista existe uma quantidade ideal para atingir esse objetivo, ou seja, atingi-lo dependerá de condições subjetivas. No caso de acontecerem erros durante as repetições, a contagem deve ser reiniciada e a velocidade diminuída. A quantidade de vezes em que ocorrem erros deve ser monitorada; no caso de se alcançar uma quantidade maior que dez, por exemplo, a velocidade deve ser ajustada, diminuída ainda mais, ou todo o sistema deve ser reiniciado para adquirir novas informações sobre o movimento. Atingindo as dez vezes seguidas corretamente, ou seja, afinadas, pode-se dizer que o movimento foi

memorizado ou aprendido de uma maneira eficaz, completando o Estudo para "Cair Certo".

A seguir, apresenta-se outro exemplo de movimento técnico avançado: a mudança de posição de terças em cordas duplas – Fá-Lá para Sol-Si bemol – nas cordas Dó e Sol; a primeira posição é natural, a segunda, estendida (Figura 54).

Figura 54 – Mudança de posição em cordas duplas: Fá-Lá para Sol-Si bemol: primeira posição natural para segunda posição estendida nas cordas Dó e Sol

Fonte: acervo do autor

Antes de se começar o aprendizado dessa mudança de posição (estudo preliminar), é importante saber:

- que distâncias serão percorridas por cada dedo;
- quais os intervalos entre os dedos de cada terça; e
- quais os intervalos sonoros resultantes.

No exemplo a seguir, da Figura 55, a posição inicial é a natural, com um tom e meio de distância entre os dedos da terça, produzindo uma terça maior como resultado sonoro.

Figura 55 – Primeira posição natural: Fá-Lá, um tom e meio de distância

Fonte: acervo do autor

A posição final é a estendida, com dois tons de distância entre o os dedos da terça, produzindo uma terça menor como resultado sonoro (Figura 56):

Figura 56 – Segunda posição estendida: Sol-Si bemol, dois tons de distância

Fonte: acervo do autor

Enquanto o quarto dedo se movimenta um tom até a próxima posição na corda Dó, o primeiro dedo se movimenta meio tom na corda Sol, transformando a posição natural em posição estendida. Outra informação importante é saber que a nomenclatura dos intervalos é oposta à nomenclatura das posições, o que pode confundir, se o aluno não estiver atento:

- terça maior = mão fechada (posição natural);
- terça menor = mão aberta (posição estendida).

Essas informações preliminares são muito importantes para o aprendizado preciso desse movimento; muitas repetições serão feitas erroneamente só para descobrir essas informações, o que é muito comum acontecer com os alunos. O objetivo é movimentar da terça maior inicial para a terça menor final. Partindo do princípio de que a terça inicial estará sempre afinada, outra informação importante é que o aluno saiba que está estudando o movimento entre uma terça e outra, ou seja, todo movimento que acontece entre a terça inicial e a final. Quando a terça final é alcançada, já não é possível fazer mais nada para corrigi-la, porque o objetivo principal é o de estudar para "Cair Certo", com a terça corretamente afinada, não o de cair desafinada e corrigi-la depois.

É prática muito frequente, principalmente entre os alunos, de se permitir corrigir a afinação quando se detecta um movimento desafinado. Essa prática até pode ser utilizada como ferramenta na performance final, ou seja, no palco, quando se percebe que algo não estava afinado e se corrige rapidamente para a afinação correta. Mas essa não deve ser uma prática de estudo, sobretudo no de repetições, haja vista que esse movimento de correção também será aprendido. Essas correções, esse movimento de afinar rapidamente cada nota desafinada são indesejáveis porque passam a impressão, para o aluno, de que a passagem estava afinada, quando, na realidade, a nota estava desafinada e foi corrigida, prática que deve ser totalmente evitada durante o estudo.

Portanto, para a etapa inicial de *pesquisa motora* é importante que o aluno faça as primeiras tentativas analisando as tendências

afinatórias iniciais da mão, sem corrigir imediatamente, mas avaliando a nota que estava desafinada e em que nível (mais baixo ou mais alto), comparando, em seguida, com a posição afinada. É nessa etapa que se descobre e se aprende como fazer o movimento (estágio cognitivo). Para a etapa de Calibragem, algumas tentativas sequenciais se iniciam, evitando as tendências de erros, monitorando essas mudanças até a calibragem perfeita do movimento. Por fim, na etapa das Repetições, o objetivo é conseguir acertar o movimento de maneira idêntica em uma quantidade de vezes consecutivas, nesse caso, dez.

O mesmo processo pode ser utilizado em passagens de agilidade motora, como as passagens virtuosísticas. Nesse processo deve-se utilizar o metrônomo para o monitoramento e programação das velocidades e para a precisão rítmica. Para passagens de agilidade, as etapas ocorrem de maneira mais gradual e transitória. Na etapa de pesquisa motora, o tempo inicial precisa ser determinado. Trata-se da velocidade com a qual o violoncelista consegue tocar a passagem sem cometer nenhum erro, de maneira controlada e satisfatória, utilizando todos os aspectos aprendidos no estudo preliminar. Para tanto, inicia-se com uma velocidade bastante lenta e, a cada erro ou desafinação, modifica-se para um tempo ainda mais lento.

Na etapa de Calibragem, após algumas repetições corretas, a velocidade pode ser aumentada gradativamente. Nesse tipo de trabalho a etapa de Repetição se funde com a de Calibragem, porque, quanto mais repetições corretas forem feitas em cada velocidade, mais sólida será a passagem na memória motora. É aconselhável que se organizem as repetições priorizando-se com maior quantidade de vezes as velocidades lentas, permitindo melhor percepção, controle e monitoramento do movimento, principalmente no que se refere à afinação, que tende a ser prejudicada à medida que se aumenta a velocidade.

Durante o aprendizado, aparecerão dificuldades específicas, como de mudança de posição, de corda ou de sincronia de movimentos, que dificilmente são percebidos. Ainda na fase inicial, como auxílio à pesquisa referente à coordenação motora e, também, no

desenvolvimento da passagem, pode-se utilizar, como recurso, a modificação do ritmo original para ritmos pontuados, invertendo--os, posteriormente.

Com o propósito de tornar mais compreensível esse tipo de trabalho, retoma-se, aqui, esta passagem difícil do estudo n.6 de D. Popper (Figura 57).

Figura 57 – Estudo n.6 de D. Popper, compassos 34 a 40.

Fonte: Popper (1982).

Nesse trecho musical, ainda na fase de pesquisa motora, primeiramente deve-se reduzir a velocidade, alterando o ritmo escrito (semicolcheias) para um ritmo pontuado (colcheia pontuada com semicolcheia), fazendo com que apenas metade das notas exijam movimentos ágeis. Veja-se, na Figura 58, como ficaria essa mudança no primeiro compasso dessa passagem:

Figura 58 – Estudo n.6 de D. Popper, ritmo pontuado, em colcheias pontuadas seguidas de semicolcheias.

Fonte: Popper (1982).

Dessa forma, a passagem se torna mais fácil em decorrência dos repousos concedidos pelas colcheias pontuadas; além disso, os problemas técnicos relacionados às notas ágeis de semicolcheias

tornam-se mais pontuais. Para um trabalho ainda mais apurado, esse ritmo pode também ser feito com colcheias duplamente pontuadas seguidas de fusas. Após melhorar a precisão do ritmo pontuado, inverte-se o ritmo para semicolcheias seguidas de colcheias pontuadas (Figura 59), aplicando-se o mesmo processo anterior, trabalhando-se, então, as notas que estavam anteriormente em repouso. Em passagens de subdivisão composta, como tercinas de colcheias, o ritmo pode ser transformado em subdivisão simples, com uma colcheia e duas semicolcheias, e o inverso, duas semicolcheias e uma colcheia.

Figura 59 – Estudo n.6 de D. Popper, ritmo pontuado invertido, em semicolcheias seguidas de colcheias pontuadas.

Fonte: Popper (1982).

4
Como se aprende a linguagem – uma relação com o aprendizado do violoncelo

Na infância, logo depois que se aprende a andar, o ser humano desenvolve uma habilidade motora ainda bem mais complexa: o falar. Entender como a linguagem é aprendida pode ajudar a compreender a aprendizagem de um instrumento musical. Essa comparação entre linguagem e música acompanha toda a história da neurociência (Henschen, 1924).

Alguns estudos sugerem que os mecanismos responsáveis pelo processamento sintático são compartilhados entre a linguagem e a atividade musical (Levitin; Menon, 2003; Patel, 2003). A *área de Broca*[1] (Figura 60), importante área do cérebro responsável pela expressão da linguagem, além de conter os programas motores da fala é responsável pela percepção de modulações na harmonia da música (Koelsch et al., 2002).

---

1 *Área de Broca* foi nomeada pelo cirurgião e antropólogo francês, Paul Broca. A função dela é atuar como centro do discurso. Embora existam outras áreas do cérebro que também influenciam a fala (área de Wernicke e o córtex motor), a Área de Broca é considerada o componente central.

Figura 60 – Área de Broca

Fonte: https://psicoativo.com/2016/01/area-de-broca-localizacao-funcao.html

A importância do vocabulário para novas memórias

Em geral, o aprendizado das primeiras palavras com algum significado ocorre antes dos 2 anos de idade, quando passam rapidamente a ser combinadas. As crianças parecem aprender a língua quase sem esforço e nesse período absorvem uma vasta quantidade de vocabulário. Para que a comunicação humana fosse possível e eficaz, as palavras se tornaram fundamentais para essa habilidade. Sabe-se que até 18 meses de vida o desenvolvimento linguístico é lento, aumentando, subitamente, a partir do instante em que o vocabulário atinge cerca de cinquenta palavras (Maldonado et al., 1993). Essas primeiras palavras são referentes a nomes de pessoas, de animais, de brinquedos, de alimentos e de elementos da vida cotidiana.

A capacidade linguística e social de uma criança, em diferentes idades, é medida pela quantidade de palavras que ela conhece (Clark, 1997). Por exemplo: crianças de 3 anos falam cerca de 450 palavras, já as de 5 anos falam cerca de 1.500 palavras. A maioria das crianças de 7 anos possui um vocabulário de cerca de seis mil

palavras, mas uma criança que se prepara para um concurso de soletração, por exemplo, pode chegar ao nível vocabular de 20.000 palavras, por meio de um trabalho de memorização de longa duração. Ao longo da vida consegue-se aprender cerca de 75.000 palavras, praticamente um dicionário. Scarborough (1991) reforça a importância do vocabulário para etapas posteriores do desenvolvimento e afirma que o nível de vocabulário pode predizer, inclusive, futuras dificuldades de leitura.

Por meio do vocabulário consegue-se expressar necessidades, gostos, ideias complexas e imaginação. Na música, assim como na linguagem, também se conseguem expressar ideias musicais, descrevendo histórias, diversos sentimentos e manifestações artísticas. Para isso é necessário um vocabulário instrumental técnico e musical vasto – no caso deste estudo, também violoncelístico – que propicie a expressividade. Segundo Dalla Bella,

> Para permitir o reconhecimento de uma dada melodia, as relações melódicas e de tempo devem ser mapeadas em uma representação de longo prazo armazenada que contenha propriedades invariantes da seleção musical. Como em palavras na linguagem, o processo de reconhecimento musical requer acesso e seleção de candidatos potenciais em um sistema de memória perceptiva.[2] (Dalla Bella et al., 2003, tradução nossa)

Tanto na música quanto na linguagem as memórias dependem dos processos de construção do vocabulário com base nos agrupamentos, os *chunks*. Na linguagem, o início da formação desse vocabulário estruturado por agrupamentos começa com o alfabeto e palavras simples ou silábicas. Em morfologia, a composição das palavras começa a partir do radical, unindo-se a prefixos e sufixos.

---

2 *"To enable recognition of a given tune, melodic and time relations must be mapped onto a stored long-term representation that contains invariant properties of the musical selection. As for words in language, the process of music recognition requires access and selection of potential candidates in a perceptual memory system."*

Por exemplo: o radical da palavra "terra" formando a palavra "*en*terr*ar*", com prefixo e sufixo. Outro exemplo: feliz – *in*feliz – feliz*mente* – *in*feliz*mente*.

Passando a composições mais complexas, como a justaposição (passa + tempo = passatempo), ou a aglutinação (plano + superfície = planície). Na verdade, as palavras vão se juntando, formando novas palavras cada vez mais complexas. Não é objetivo deste trabalho aprofundar-se em morfologia, uma vez que bastaria folhear o dicionário para perceber as inúmeras possibilidades de formação de palavras. Trazer esse assunto foi apenas para exemplificar como o vocabulário é formado por agrupamentos e demonstrar que esse mesmo mecanismo acontece em relação ao vocabulário motor de aprendizagem de um instrumento musical.

Desse modo, é possível estabelecerem-se comparações entre o aprendizado da linguagem e o aprendizado de um instrumento musical como o violoncelo. Pode-se comparar, por exemplo, a alfabetização com exercícios técnicos simples como escalas, arpejos e golpes de arco simples. Todos eles, dos mais simples aos mais complexos, e, principalmente, a grande variedade de Estudos e de repertório podem ser comparados à aquisição de vocabulário para a linguagem.

Vocabulário motor no violoncelo

Neste trabalho já foram estudados diversos argumentos científicos que enfatizam:

- a importância de se investir em um bom vocabulário motor;
- como as estruturas de neurônios motores, os engramas, se agrupam para formar estruturas cada vez mais complexas;
- como as informações motoras são estruturadas em agrupamentos motores, os *chunks*, para formar nossas memórias motoras;
- a necessidade de se ter uma cópia eferente dos movimentos, úteis para comparar e corrigir os movimentos do sistema motor;

- a aprendizagem da linguagem comparada à aprendizagem motora, e como as mesmas estruturas cerebrais compartilham as duas funções.

Existem pelo menos seis frentes de aprendizagem para a formação de um bom vocabulário motor no estudo do violoncelo: escalas, arpejos, escalas de cordas duplas, exercícios diários, estudos e repertório de formação. Marun enfatiza a importância do aprendizado de um vocabulário de exercícios vasto e constante:

> A prática de exercícios técnicos puros deve ser um hábito diário, não somente nas fases iniciais do aprendizado do instrumento, mas em qualquer etapa da carreira [...] Devemos trabalhar cotidianamente o cerne da técnica de uma maneira global e completa, para que as dificuldades específicas do repertório de concerto sejam resolvidas com a maior eficiência possível e para minimizar os riscos de lesões físicas causados pela repetição excessiva. (Marun, 2007)

A partir deste ponto, descrevem-se essas frentes de aprendizado de vocabulário motor e como se apresentam na formação e na prática cotidiana dos violoncelistas.

Escalas

Não seria pertinente comparar o aprendizado de escalas com o aprendizado do alfabeto. Após aprender o alfabeto, utilizam-se combinações de letras para formar a grande quantidade de palavras existentes; contudo, seria difícil imaginar o uso de uma sequência direta de letras do alfabeto, como ABCDEFGH, mesmo em alternâncias definidas – ACEGILN – ou, ainda, começar o alfabeto com uma ordem diferente de letras: HIJLMNOP. Não fariam sentido e não serviriam para formar frase alguma. Já as escalas e arpejos, por inteiro ou apenas em frações, nas mais diversas tonalidades, estão presentes em quase todas as frases musicais do repertório para

violoncelo. O estudo de escalas e arpejos são de grande utilidade na formação de um vocabulário motor abrangente. Como exemplo, registra-se, na Figura 61, o começo do Concerto em Lá menor, de R. Schumann, que contém longas escalas nessa tonalidade:

Figura 61 – Final da primeira página do primeiro movimento do Concerto de R. Schumann em Lá menor

Fonte: Schumann (1960)

No trecho a seguir (Figura 62), retirado do primeiro concerto para violoncelo e orquestra de Camille Saint-Saëns, também em Lá menor, pode-se reconhecer a necessidade do conhecimento de diferentes escalas (vários níveis de *chunks*) e técnicas avançadas, como harmônicos artificiais[3] (novos *chunks*), para o bom aprendizado delas.

Figura 62 – Concerto para Violoncelo e Orquestra de C. Saint-Saëns, 3º Movimento

Fonte: Saint-Saëns (1909)

3 Harmônicos produzidos pela divisão artificial da corda com o polegar da mão esquerda, formando um intervalo de quarta justa com o terceiro dedo, soando a nota que está presa pelo polegar em duas oitavas acima.

Nesse exemplo, pode-se ver uma longa sequência de escalas, conectadas por modulações, a cada dois compassos, nas tonalidades de Dó maior, Ré bemol maior, Ré maior e, por fim, as escalas de Si bemol maior e Fá maior, em harmônicos artificiais, representando vários níveis e subníveis de *chunks* motores de digitação de escalas.

Dezenas de sistemas de escalas e métodos de técnica foram desenvolvidos, ao longo de toda a história do violoncelo. Citem-se obras de L. R. Feuillard, J. Klengel, M. Yampolsky, W. Fitzenhagen, J. Starker, entre outros. Muitos foram transcritos do violino para o violoncelo, como I. Galamian, C. Flesch, O. Ševčík etc. Todos os sistemas são bons e abrangem boa parte das necessidades do vocabulário técnico. Mencionam-se aqui alguns dos mais completos sistemas.

Os sistemas de escalas de Carl Flesch e Ivan Galamian, transcritos para o violoncelo, têm sido os mais amplamente utilizados por estudantes e professores desse instrumento, ao longo de muitos anos. Os sistemas são diferentes e cada um tem aplicações válidas para o violoncelista moderno. Galamian e Flesch foram mestres, cada um de uma longa linhagem de pedagogos de violino.

Flesch acreditava que o ensino de violino antes de Ševčík era imperfeito. Também acreditava que Ševčík teria provado que a técnica avançada poderia ser resultado de treinamento e não de gênio ou talento. Defendeu a ideia de que todos os violinistas deveriam ser educados sequencialmente e definiu cada etapa técnica claramente, com base no princípio de que qualidade de som, afinação, proficiência técnica e habilidades de audição é tudo o que pode ser ensinado (Flesch, 1929). Galamian, por sua vez, discordava da ideia de que o violino deve ser ensinado do ponto de vista físico, afirmando que o domínio técnico depende do controle da mente sobre os músculos, e não da agilidade dos dedos. Ele também sentiu que a interdependência e o relacionamento de muitos elementos técnicos eram negligenciados (Galamian, 1998).

A fim de se conferirem as diferenças entre os dois sistemas, descreve-se, a seguir, o modo como são organizados. O sistema de Flesch lida com uma tonalidade de cada vez, em 12 seções:

1 a 4. Escalas de uma oitava, que são essencialmente estudos de mudança de posição.
5. Escala de três oitavas, arpejos, terças sucessivas e escala cromática.
6. Escala de três oitavas e arpejos em terças, com terças sucessivas e escala cromática.
7. Escala de três oitavas e arpejos em sextas, com terças sucessivas e escala cromática.
8. Escala de três oitavas e arpejos em oitavas, com terças sucessivas e escala cromática.
9. Escala de três oitavas e arpejo em oitavas com dedos, com terças sucessivas e escala cromática.
10. Décimas.
11. Harmônicos artificiais.
12. Acordes com harmônicos artificiais.

Nas edições mais modernas do Flesch, há algumas tentativas de incluir escalas de quatro oitavas, mas não é muito abrangente e só serve para sobrecarregar ainda mais o aluno com material. À medida que se avança no livro, são sugeridos diferentes ritmos, golpes de arco e arcadas para o estudo de cada tonalidade. Flesch instrui que as escalas devem ser praticadas lentamente para afinação, e rapidamente para agilidade, e que a tonalidade deve ser trocada todos os dias. Ele também explica que o foco deve estar no arco *Legato*, com a inserção, posteriormente, de exercícios de arco, pois o objetivo inicial é desenvolver a técnica da mão esquerda. Tocar *Legato* permite o desenvolvimento de mudanças de posição e de corda, inaudíveis e controladas. Veja-se um exemplo na Figura 63.

Considera-se que o sistema de Flesch seja completo, mas complexo, com muita informação, recomendado para quem tem muito tempo disponível para estudar. Esse sistema seria ideal se, dentro de 45 minutos por dia, fosse possível cobrir uma tonalidade completa, como Flesch sugere.

O sistema de Galamian, *Contemporary Violin Technique*, é mais acessível, visualmente, e também menos prescritivo. As escalas de

Figura 63 – Sistema de Carl Flesch em Dó maior

Fonte: Flesch (1988)

Galamian não apenas trabalham com a mão esquerda, estabelecendo uma base de afinação em todas as posições possíveis no violoncelo, como também fornecem uma rotina diária para o trabalho em técnicas de arco e solução de problemas técnicos, mantendo a técnica em dia e otimizada, contribuindo para que se evitem lesões.

O sistema é estruturado em dois volumes. O primeiro volume cobre escalas simples e contém as seguintes seções:

- escalas em uma posição;
- escalas em uma corda;
- escalas de três oitavas;
- escalas de tamanho variado e diferentes grupos de notas;
- escalas de quatro oitavas;
- arpejos em uma posição;
- arpejos de três oitavas;
- arpejos de quatro oitavas;
- arpejos em uma corda;
- terças sucessivas;
- quartas, quintas e sextas sucessivas;
- escalas cromáticas;
- escalas de tons inteiros;
- algumas escalas e arpejos não tradicionais.

O livro foi escrito apenas com as cabeças das notas, sem os respectivos valores, e contém várias sugestões de padrões básicos de arcadas.

O segundo volume contém variações rítmicas para os padrões de arcadas. Galamian utiliza dedilhados mais diversos, em lugar de apenas um dedilhado para cada tonalidade, como Flesch utiliza.

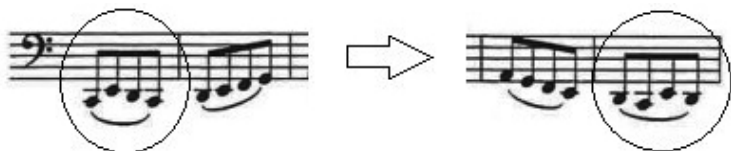
Neste trabalho apresentam-se, como exemplo e sugestão de sistema de escalas, principalmente as escalas de três oitavas do volume 1, o que não diminui a importância dos arpejos desse volume e das escalas de cordas duplas do volume 2.

A principal característica que difere as escalas desse professor das outras é a "volta" de Galamian. No início das escalas de três oitavas, a terceira nota é tocada imediatamente após a primeira, seguida da segunda e primeira nota antes de subir, de modo que uma escala de Dó maior comece assim: Dó, Mi, Ré, Dó, Ré, Mi, Fá e assim por diante. Essa variação é repetida no final da escala (Figura 65). Essa característica serve a dois propósitos: primeiro, tocar a terça inicial da escala configura a fôrma da mão esquerda imediatamente com os dedos sobre o espelho. Segundo, ajuda no funcionamento

Figura 64 – Sistema de escalas em três oitavas de I. Galamian, editado por Hans Jorgen Jensen

Fonte: Galamian (1994)

da matemática das arcadas: com essa passagem inicial e final, numa escala de 3 oitavas, totalizam 48 notas, 24 ascendentes e 24 descendentes, fazendo com que o arco sempre inicie para baixo e termine para cima.

Figura 65 – Volta de Galamian: variação inicial e final

Fonte: Galamian (1994)

Nesse caso, as notas são divisíveis por 3, 6, 8, 12 ou 24 notas por arco, criando a "escala de aceleração", que é uma maneira eficiente de aquecer os dedos e a mente para o estudo ou performance, de aquecer os músculos de maneira suave e de fortalecê-los, ao mesmo tempo. Galamian sugere que o aluno programe o metrônomo em semínima (60 ou 50 bpm) ou até mais devagar (40 bpm), e comece a escala tocando uma semínima por batida. A escala avança para semínima tercinada, colcheias, colcheias tercinadas, semicolcheia e assim por diante. Depois, para as fusas, serão três tempos por compasso e 24 notas para cada arco, com apenas duas arcadas para a escala inteira. A mão esquerda acelera e a mão direita mantém a mesma velocidade de arco, mas com trocas de cordas e de posição da mão esquerda cada vez mais rápidas e mais fluidas. A velocidade constante do arco obriga o aluno a desenvolver outras habilidades na mão direita, como a conexão do som nas mudanças de cordas e a utilização de diferentes pontos de contato (atrito) do arco com a corda. É importante começar respirando profundamente, usando sempre todo o comprimento do arco, buscando a pureza da afinação e da sonoridade (sem falhas no arco).

Quanto aos dedilhados, apesar de a escala estar escrita em Dó maior, a ideia é usá-la em todas as tonalidades, utilizando a tabela de múltiplos dedilhados. Em geral, inicia-se cada escala com o primeiro dedo ou corda solta, se for o caso. Desse modo, os dedos da

mão esquerda podem aprender as distâncias para todas as posições possíveis no violoncelo. Por exemplo, iniciar uma escala maior de Mi bemol na segunda posição, ajuda a mão esquerda a aprender sua fôrma inicial – a segunda posição estendida[4] – e distâncias. Os dedilhados menos prescritivos do livro do Galamian são úteis também para o repertório; fica explícito que não há dedilhado mais correto para escalas ou peças. No sistema de Flesch, os padrões de escala são memorizados facilmente porque o dedilhado permanece o mesmo, mas cada tipo serve a um propósito diferente. Quanto mais dedilhados um aluno puder aprender, mais opções de vocabulário motor e opções artísticas estarão disponíveis.

Aqui estão alguns objetivos para o estudo da escala: afinação perfeita, mudança de posição limpa, controle absoluto do arco e pureza do som, precisão rítmica na mão esquerda, braço relaxado do arco, arcadas inteiras do talão à ponta, quietude da mão esquerda, mudanças de posição com o antebraço, e a lista continua. No segundo volume do sistema de escala, Galamian trabalha, de maneira abrangente, as cordas duplas, como as terças, sextas, oitavas, décimas etc., e também as múltiplas cordas (acordes); além disso, trabalha os padrões de escalas e arpejos.

Depois de aprendida a escala de três oitavas, pode-se colocá-la a serviço da mão direita (arco). Por exemplo, estudar em *spiccato*[5] *com um salto, inicialmente, para cada batida, depois com dois. Os saltos lentos requerem mais controle que o sautille,*[6] que também deve ser controlado em velocidade, por exemplo, tocando seis notas por batida, o que é um grande desafio. Seguem-se outras ideias: tocar essa escala – de três oitavas – com o *staccato* para cima ou para baixo,

---

4 Fôrmas estendidas ou extensões são aberturas de mais um semitom na fôrma da mão esquerda, formando uma distância de um tom, geralmente entre o primeiro dedo (indicador) e segundo dedo (dedo médio). Em alguns casos pode ser aberta entre os dedos anelar e mínimo.

5 *Spiccato* é um golpe de arco para as notas articuladas em *staccato*, utilizando o arco saltando fora da corda, com a crina e a madeira do arco.

6 O *sautille* é um golpe de arco semelhante ao *spiccato*, com o arco saltando, mas a crina praticamente não perde o contato com a corda, apenas a madeira do arco salta. Funciona apenas com altas velocidades.

com ritmos pontuados ou em ricochete, tentando subi-la, com auxílio do metrônomo, duas para cada batida, três para cada batida, quatro, e assim por diante. Observe-se a Figura 66.

Figura 66 – 3º Movimento (Scherzo) da Sinfonia n.4 de Tchaikovsky

Fonte: Tchaikovsky (1960)

Se o ponto fraco do aluno for o *pizzicato*,[7] por exemplo, um *pizzicato* fraco e fora de controle, pode-se utilizar o sistema de aceleração de Galamian para melhorar o *pizzicato*, por exemplo, com o Scherzo (Figura 66), como um treinamento motor de base.

O estudo de escalas é fundamental para a mão esquerda e para a solução de problemas da mão direita. Com ele constrói-se uma base sólida na mão esquerda para uma boa afinação, em todas as posições, além de propiciar, ao aluno, uma rotina diária para trabalhar nas técnicas de arco. O objetivo da prática de escalas é construir a técnica, à semelhança da utilização dos tijolos em uma construção. O objetivo da técnica de construção é facilitar a interpretação do repertório, para o que as escalas são ferramentas muito eficazes. A prática das escalas contribui para que o violoncelista trabalhe a afinação, a precisão rítmica, a velocidade constante do arco, a beleza do som, o relaxamento, respiração, mudança de posição, postura e muitos outros aspectos da performance.

Alguns alunos podem preferir o *layout* mais sistematizado do livro de Flesch, no qual tudo está em um só lugar para cada tonalidade. Outros podem preferir o sistema mais livre do Galamian, em que é possível escolher o que abordar. Sugere-se, aqui, que o sistema do Galamian pode mostrar melhoras mais rápidas, pois é mais fácil e contém uma abordagem mais prática, que oferecem ao cérebro novos vocabulários e problemas para resolver.

Outro importante sistema de escalas que se pode mencionar, elaborado por um violoncelista, é o completo sistema de escalas de Julius Klengel (*Technical Studies*), também estruturado em dois volumes. Duas características interessantes desse método, que o diferencia dos anteriores, são: as "linhas de segurança", que são linhas ou chaves colocadas acima das notas que devem permanecer presas com os dedos da mão esquerda enquanto a mão direita muda de corda. Veja-se um exemplo dessa técnica, constante na primeira página do primeiro volume do sistema de Klengel, reproduzido na Figura 67.

---

7 *Pizzicato*, que significa "beliscando", é uma articulação produzida com a mão direita sem o arco, puxando as cordas com os dedos, como na harpa.

Figura 67 – Exemplo de linhas de segurança, em *Technical Studies*, vol.1, página 1, de Julius Klengel

Fonte: Klengel (1960)

A segunda característica do método de Julius Klengel é a criação, em seu segundo volume, de um sistema de voltas ou variações de notas que exploram cada tonalidade de maneira diversa e que envolve outros aspectos do vocabulário técnico violoncelístico. Como exemplo, apresenta-se, na Figura 68, a primeira escala do segundo volume, em Dó maior:

Figura 68 – Sistema de voltas e variações de notas em *Technical Studies*, volume 2, página 1, de Julius Klengel

Fonte: Klengel (1960)

Nessa página inicial do segundo volume, a cada quatro notas do exercício retorna-se uma segunda abaixo, formando uma melodia de quatro notas ascendentes e uma descendente, que se invertem, na descida da escala, para quatro notas descendentes e uma ascendente.

Figura 69 – Escala de Dó maior com segunda e terceira posição, em J. Klengel, vol. 2

Fonte: Klengel (1960)

Nota-se que é nessa volta da figura melódica que novas posições são exploradas para cada tonalidade. Portanto, na escala de Dó maior, escala que seria toda tocada na primeira posição e sem extensões, utiliza-se a terceira posição na escala ascendente e a segunda posição na escala descendente, duas posições de difícil acesso e com extensões, que, entretanto, inseridas no contexto da escala permitem uma prática sequencial na qual todas as notas dessas fôrmas estendidas com as cordas soltas podem ser afinadas em cordas duplas, representadas pelo acréscimo de semínimas, conforme se vê no trecho musical da Figura 70.

Figura 70 – J. Klengel, Vol. 2, cordas soltas de apoio, representadas por semínimas

Fonte: Klengel (1960)

Em qualquer sistema de escala, o segredo será manter o foco, a disciplina e a criatividade na prática. Talvez o melhor caminho seja usar vários sistemas diferentes e aproveitar o que puder de cada um. Às vezes o que se quer são desafios; outras vezes, apenas se quer explorar.

Arpejos

Como em relação às escalas, o aprendizado de arpejos é outro importante aspecto do vocabulário motor para os instrumentistas

de violoncelo. Estão presentes, integralmente, em partes ou ligeiramente modificados, em quase todas as passagens técnicas. Na Figura 71, a seguir, tem-se um exemplo de arpejos no repertório violoncelístico:

Figura 71 – Offertorium do Réquiem de Giuseppe Verdi

Fonte: reproduzido do caderno de excertos da audição de 2018 da Osesp

Nesse excerto orquestral, pode-se observar, no início do Offertorium do Réquiem de Verdi, a utilização dos arpejos de Lá bemol maior ascendente e Fá maior descendente, com algumas alterações, e de outras frações de arpejos e escalas, bem como escalas cromáticas e pentatônicas. Esse é apenas um exemplo da utilização e necessidade de aprendizado dos mais diversos níveis e subníveis do vocabulário motor de escalas e arpejos, na composição de um dos mais difíceis trechos para o violoncelo, executado em audições da maioria das orquestras profissionais em todo o mundo.

Outro exemplo que se quer trazer é o do Concerto em Lá menor, de R. Schumann (Figura 72), uma das passagens de arpejos mais conhecidas por sua dificuldade de execução:

Figura 72 – Passagem de arpejo do início do primeiro movimento do Concerto de R. Schumann em Lá menor

Fonte: Schumann (1960)

Nessa passagem, nos arpejos de duas oitavas em septinas de semicolcheias, a dificuldade está, principalmente, no grande salto que a mão precisa fazer para alcançar a segunda oitava do arpejo. Apesar da memória do salto (um *chunk*) ser aproveitado nos dois arpejos, as notas são diferentes: um arpejo em Sol menor na segunda inversão e o outro em Ré maior, o que pode confundir bastante a memória muscular desses arpejos, por terem fôrmas com características de afinação e aberturas bem diferentes, ou seja, cada arpejo necessitará de um trabalho de memorização próprio, com exceção do salto.

Considera-se, aqui, neste trabalho, que um dos mais completos sistemas de estudo de arpejos é o de Galamian, tendo em vista que, de uma maneira bastante abrangente, esse sistema trabalha os arpejos, organizados por possíveis encadeamentos, ou seja, todos os acordes são relacionados a uma determinada tonalidade, como o seguinte esquema referente à tonalidade de Dó:

- acorde menor (Dó menor);
- submediante (ou superdominante) bemolizada e na primeira inversão;
- aumentada;
- relativa menor na primeira inversão;
- sétima dominante que resolve na subdominante (Fá maior);
- subdominante na segunda inversão;
- subdominante menor na segunda inversão;
- acorde com suspensão 4-3 (Dó);
- acorde maior;
- sétima dominante da próxima tonalidade (preparando Ré bemol).

Figura 73 – Arpejos na Tonalidade de Dó, de I. Galamian

26

6
Three-Octave Arpeggios

Groups of nine notes. PATTERNS: *B1, B3, B9*
R1, R3, R9

Primary Patterns:

Key of C

C Minor

Flat Submediant Six

Augmented

Relative Minor Six

Dominant Seventh of F

Subdominant Six-four

Minor Subdominant Six-Four

C with Four-three Suspension

C Major

Dominant Seventh of D-Flat

Note: The Dominant Seventh Arpeggios contain twelve notes in each measure rather than nine like the other arpeggios. Adjust the bowings accordingly. For additional information and an explanation of the Three Octave Arpeggios please see page 38 at the end of this chapter.

Fonte: Galamian (1994)

O último arpejo prepara a resolução para a tonalidade seguinte, que avança em semitons (Dó, Ré bemol, Ré, Mi bemol etc.), completando o ciclo de arpejos e todas as possibilidades para a formação de um completo vocabulário motor de arpejos. Na Figura 73, a seguir, tem-se um exemplo de arpejo na tonalidade de Dó, no qual se observam padrões básicos de ritmos, indicações para padrões mais avançados e opções múltiplas de dedilhados para alguns arpejos. Confira-se.

Escalas de cordas duplas

São incontáveis as utilizações de escalas de cordas duplas no repertório violoncelístico. Registra-se, aqui, um dos mais conhecidos, uma passagem do Concerto de em Si Maior de A. Dvořák (Figura 74):

Figura 74 – Passagem de cordas duplas do 1º movimento do Concerto em Si maior de A. Dvořák

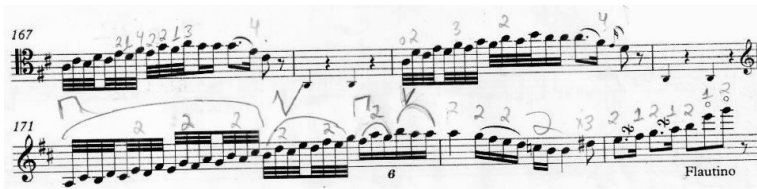
Fonte: Dvořák (1896)

Esse trecho musical possui uma longa sequência de cordas duplas simultâneas, com intervalos de sextas, terças, oitavas e, eventualmente, de quintas justas e diminutas. Outra passagem com longas sequências de oitavas, sucessivas e simultâneas, seguidas de uma sequência de terças, está no 3º movimento do Concerto de Haydn n.2, em Ré maior:

Figura 75 – Cordas duplas no 3º movimento do Concerto n.2, em Ré maior, de J. Haydn

Fonte: Haydn (1982)

Ainda nesse mesmo Concerto de Haydn existe uma longa sequência de escalas de terças sucessivas, ou terças "quebradas", passagem bastante conhecida, dentro do repertório violoncelístico. Essa prática de terças sucessivas também é sugerida em todos os livros de escalas e serve como importante vocabulário motor.

Figura 76 – Terças sucessivas no 1º. movimento do concerto em Ré maior de J. Haydn

Fonte: Haydn (1982)

Em todas essas passagens do repertório, evidencia-se a importância do estudo de cordas duplas como vocabulário motor. Existem muitas ocorrências de cordas duplas não apenas simultâneas ou sucessivas, mas embutidas em passagens, misturadas com outras notas, porém, com as mesmas fôrmas de mão que servem como base para passagens mais complexas. Na passagem a seguir (Figura 77), do Prelúdio da Sexta Suíte para violoncelo solo, de J.S. Bach, é possível se identificarem oitavas (marcadas em notas brancas) e sextas, formadas com a nota aguda da oitava (em cinza):

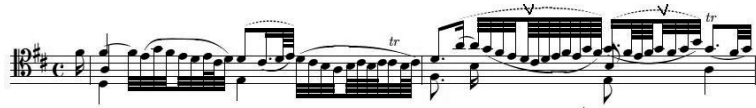
Figura 77 – Oitavas (em notas brancas) e sextas (em cinza, com nota aguda da oitava) embutidas nessa passagem do Prelúdio da 6ª Suíte para violoncelo solo de J.S. Bach

Fonte: Bach (2000)

Em quase todos os movimentos das Suítes de Bach, é frequente e notável a utilização de notas duplas, conforme se verifica nos trechos do *Prelúdio* da 5ª (Figura 78) e *Alemanda* da 6ª (Figura 79), ambos retirados da Suíte de Bach, onde aparecem acordes e cordas duplas:

Figura 78 – Prelúdio da 5ª Suíte de J.S. Bach: início

Fonte: Bach (2000)

Figura 79 – Alemanda da 6ª Suíte de J.S. Bach: início

Fonte: Bach (2000)

Jean-Louis Duport (1749-1819), violoncelista e professor francês, escreveu um importante tratado para violoncelo chamado *Essay on the fingering of the violoncello and on the conduct of the bow*, em 1806, no qual afirmava que a melhor forma de se conseguir uma fôrma de mão esquerda, em qualquer posição do violoncelo, é a prática de cordas duplas. Nesse tratado, Duport indicou dedilhados para todos os tipos de escalas de cordas duplas, em todos os tipos de intervalos possíveis, dos mais convencionais como os de terças, sextas e oitavas, aos menos utilizados, como os de segundas, quartas, quintas e décimas.

> Eu tenho entrado consideravelmente em detalhes sobre cordas duplas nesse tratado por duas razões: primeiro, porque até agora não foi muito abordado, embora eu considere muito útil para um grande instrumentista; e segundo, porque muitas vezes serviu como prova da exatidão dos meus pontos de vista, pois cordas duplas se tornam impraticáveis quando não são tocadas com grande regularidade. [...] Cordas duplas foram usadas, porque obrigam a mão a ficar em sua posição correta; pois aqueles que seguram mal com a mão (esquerda) ao tocar notas únicas, sempre a seguram bem quando tocam em cordas duplas; porque se pode dizer deles, que eles têm duas posições da mão.[8] (Duport, 1852, p.3-8, tradução nossa)

8 *"I have gone considerably into detail in the article on double stopping, for two reasons: first, because it not hitherto been treated on, although I consider it very useful to a great player; and secondly, because it has often served as a proof of the correctness of my views, for double stops become impracticable when not fingered with great regularity. [...] Double stops have been used, because they oblige the hand to take its proper position; for, those who hold their hand badly when playing single notes, always hold it well when they play in double stops; so that it may be said of them, they have two positions of the hand."*

Figura 80 – Estudo n.1, todo em cordas duplas, de J. L. Duport

Fonte: Duport (1895)

Também é possível verificar a extensiva utilização dessa técnica em seu livro de 21 estudos, segunda parte do tratado referido, em que Duport utiliza passagens de cordas duplas em quase todos os estudos, a começar do seu primeiro estudo, que contém quatro

páginas de intensiva utilização de passagens e escalas de cordas duplas, um de seus estudos mais belos e difíceis:

Essa técnica defendida por Duport consiste em utilizar uma das notas das cordas duplas como referência imediata de afinação para outra, na fôrma de mão esquerda, através das referências dos intervalos consonantes. Um estudante com bom ouvido ou treinamento adequado consegue corrigir as distâncias imediatamente, até sentir a consonância. Essa é uma das mais importantes vantagens de se estudarem as escalas de cordas duplas, além de consistir na maneira mais eficiente de estruturar e apurar a afinação das fôrmas da mão esquerda, mapeando todo o espelho do violoncelo.

Todas as escalas de cordas duplas são válidas e importantes para a formação de um vocabulário motor completo. Um tipo de escala de cordas duplas que se sugere, aqui neste trabalho, é a de sextas com quartas (Figura 81). Conquanto seja pouco utilizada, é especialmente importante porque trabalha praticamente todos os dedos da fôrma ao mesmo tempo.

Figura 81 – Escala de cordas duplas de sextas com quartas

Fonte: elaboração própria

Além da utilização de mais dedos de cada fôrma, por vez, e da precisão entre os dedos por causa da consonância dos intervalos

utilizados, como defendia Duport, essa escala acomoda os dedos na fôrma correta, principalmente das extensões, impedindo que o violoncelista abra os dedos de maneira incorreta na fôrma estendida, além de manter afinados o segundo e o terceiro dedos.

Com base nos conhecimentos abordados neste trabalho sobre a importância de cada repetição para o aprendizado motor, sobre o estudo mais lento e a atenção seletiva para se evitar o erro, é possível concluir que algumas práticas, comumente utilizadas por violoncelistas, devem ser evitadas quando se estuda.

Mark Yampolsky propõe, em seu livro de escalas, o aprendizado das cordas duplas de maneira sucessiva, como neste exemplo de terças e sextas, da Figura 82.

Figura 82 – Escalas de terças e sextas do livro de Mark Yampolsky

Fonte: Yampolsky (1985)

Essa é uma prática que pode ser válida para um iniciante que nunca tenha feito cordas duplas; para as tentativas motoras seguintes já constitui uma prática prejudicial, considerando-se que o violoncelista só descobre que o intervalo está ou não desafinado após tocar a terceira nota, que é a simultânea, quando já será tarde demais para uma correção eficaz, semelhantemente à pratica de tentativa e erro que se deve evitar. Essa prática sucessiva para cordas duplas se estende ao longo do livro, de outras maneiras e em outros intervalos também. Não se intenciona, aqui, minimizar a importância do já consagrado livro de Mark Yampolsky para a formação de

violoncelistas, mas a proposta deste estudo é mostrar que conhecer sobre o aprendizado cognitivo motor no cérebro pode auxiliar na escolha dos melhores e mais eficientes exercícios de repetição disponíveis.

Acordes

Para os acordes, segue-se o mesmo raciocínio de aprendizagem das cordas duplas. Muitas obras importantes do repertório violoncelístico possuem acordes, geralmente em momentos mais relevantes, como inícios ou cadências. As figuras 83 e 84 contêm trechos iniciais dos concertos de E. Elgar e A. Dvořák, respectivamente:

Figura 83 – Concerto para Violoncelo e Orquestra de E. Elgar: início do primeiro movimento

Fonte: Elgar (2005).

Figura 84 – Concerto para Violoncelo e Orquestra de A. Dvořák: início do primeiro movimento

Fonte: Dvořák (1896)

Para a aprendizagem de sequências de acordes faz-se necessário, inicialmente, identificar os intervalos de maior importância em cada acorde, para, então, criar-se uma sequência de cordas duplas. Veja-se como funcionaria no trecho final do excerto anterior (Figura 84), de

Dvořák: suprimindo-se uma nota de cada acorde, obtém-se uma passagem simplificada de cordas duplas (Figura 85):

Figura 85 – Acordes iniciais do primeiro movimento do Concerto de A. Dvořák, simplificado em cordas duplas

Fonte: Dvořák (1896)

Para se escolher as notas duplas que serão inicialmente estudadas e que formarão o acorde, considera-se a importância do intervalo, o nível de dificuldade para afinação ou o grau de consonância. Analise-se o mecanismo desse estudo no Conserto de Dvořák, nas figuras 84 e 85, anteriores. Para o primeiro acorde, tirou-se o Dó agudo, que formava uma quinta diminuta, contra o intervalo de sexta maior, mas consonante. Para o segundo acorde, manteve-se a sexta menor, porque o Sol grave é corda solta, mais fácil de ser produzido. O terceiro acorde seguiu o raciocínio do primeiro. No quarto e quinto acordes ficaram as quintas justas, tanto mais difíceis de afinar quanto mais consonantes que os intervalos de sextas retirados. Após aprender a sequência de cordas duplas e suas fôrmas, acrescentam-se as notas suprimidas. Essa é a maneira de estudar sequências de acordes em que se privilegia a afinação dos intervalos mais importantes.

Outra conhecida e difícil passagem de acordes do repertório violoncelístico está no primeiro movimento do Concerto n.1 para violoncelo e orquestra de C. Saint-Saëns (Figura 86):

Nesse caso, os acordes estão quebrados no ritmo de colcheias, mas, para a mão esquerda, o dedilhado é simultâneo em três notas, como nos acordes. Para estudar essa passagem, suprimem-se todas as notas superiores de cada acorde. Nesse caso, por causa do tipo de golpe de arco, será mais fácil aprender as duas vozes internas, as mais graves, independentemente da importância intervalar, e, posteriormente, acrescentarem-se as notas agudas suprimidas.

Figura 86 – Primeiro movimento do Concerto n.1 de C. Saint-Saëns

Fonte: Saint-Saëns (1909)

O que se observa, portanto, é que boa parte dos *chunks* aprendidos em memórias de cordas duplas são aproveitados no aprendizado de acordes. Muitos livros de exercícios diários também trazem exercícios específicos para trabalhar sequências de acordes.

Exercícios diários

Outra importante frente do aprendizado de vocabulário motor no violoncelo são os exercícios técnicos diários, que consistem em pequenos fragmentos de movimentos motores, isentos de maiores pretensões musicais, para enriquecer o vocabulário motor do aluno. Otakar Ševčík foi um dos principais autores de livros de exercícios diários; organizou-os de maneira completa e abrangente, em comparação com outros autores, e todos foram posteriormente transcritos para violoncelo. Neste trabalho referenciam-se apenas alguns dos livros mais importantes desse autor, e mais utilizados por violoncelistas, como o Op. 2: *School of Bowing Technique* (Escola de Técnica de Arco) (Figura 87), no qual Ševčík propõe mais de 200 variações de arcadas, golpes de arco, ritmos e articulações para cada tema:

Figura 87 – Tema n.5 do School Technique of Bowing Op. 2, de Otakar Ševčík

Fonte: Ševčík (2005)

Transcreve-se, aqui, uma página do livro *40 Variations* Op. 3, que contém quarenta variações sobre um mesmo tema e que trabalha essencialmente exercícios de articulações e golpes de arco (Figura 88).

Figura 88 – Tema e Variação n.1 das 40 Variações Op.3 de Otakar Ševčík

Fonte: Ševčík (1905)

Mencione-se, ainda, o *Changes of Position and Preparatory Scale Studies* Op. 8 (Estudos de mudança de posição e preparatórios para escalas), do mesmo autor, que reúne 59 pequenos exercícios de mudança de posição, com grande variedade rítmica, de posições e dedilhados.

Figura 89 – Exercício n.1 do Changes of Position and Preparatory Scale Studies Op.8 de Otakar Ševčík

Changes of position

Practice these examples in moderato tempo:
a) each bar separately,
b) each bar with the next-following one, thus: 1 to 2, 2 to 3, 3 to 4, etc.
c) all the bars shown to lie on the same string, thus: in the 1st example bars 1 to 5, 6 to 10, 11 to 15, 16 to 21,
d) the whole example in the following keys both legato and detached.

Lagenwechselübungen

Bei dem Einüben dieser Beispiele wiederhole man in gemäßigtem Tempo:
a) jeden einzelnen Takt,
b) jeden Takt mit dem nächstfolgenden (1-2, 2-3, 3-4, u. s. w.),
c) alle Takte, die auf derselben Saite angezeigt sind (im 1ten Beispiele Takte 1-5, 6-10, 11-15, 16-21,),
d) das ganze Beispiel in folgenden Tonarten, gebunden und gestoßen:

Changement de positions

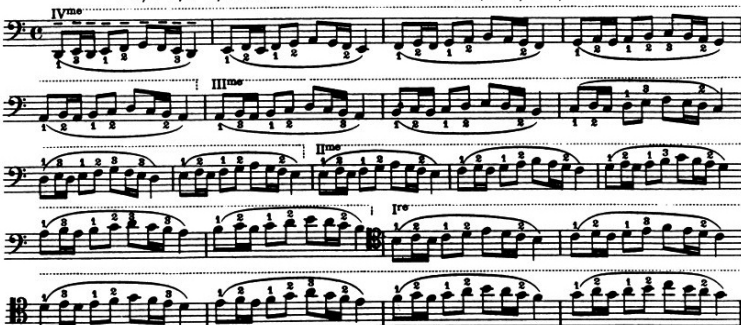
En exerçant ces exemples il faut répéter dans le mouvement modére:
a) chaque mesure séparément,
b) chaque mesure avec la suivante (1-2, 2-3, 3-4 etc.),
c) toutes les mesures, qui sont indiquées sur la même corde (dans le 1er exemple les mesures 1-5, 6-10, 11-15, 16-21,)
d) tout l'exemple dans les tons suivants, en lié et en détaché:

Cvičení ve výměně poloh

Při cvičené těchto příkladů jest nut no opakovati ve volném pohybu:
a) každý, jednotlivý takt,
b) každý takt s následujícím 1-2, 2-3, 3-4, atd.),
c) všecky takty označené na téže struně (v 1. příkladu takty 1-5, 6-10, 11-15, 16-21,),
d) celý příklad v následujících toninách, vázaně i odrážene:

In the following exercises the position of the fingers is only shown in C major. In playing these in other keys care must be taken to use correct fingering.

In den folgenden Übungen ist die Fingerstellung nur von C-dur angegeben. Beim Spielen derselben in anderen Tonarten muß auf richtigen Fingersatz geachtet werden.

La position des doigts dans les exercices suivants est celle en Ut majeur. Il y a lieu de veiller au doigter exact lors de leur exécution dans d'autres tonalités.

V následujících cvičeních jest uveden prstoklad jen v tonině C dur. Hrají-li se tato cvičeni v jiných stupnicích, je třeba dbáti správného prstokladu.

1

Changes of position: from 1st to 2nd, 2nd to 3rd, 3rd to 4th, etc.

Wechsel der Lagen: 1-2, 2-3, 3-4, u. s. w.

Changement des positions: 1-2, 2-3, 3-4, etc.

Výměna poloh: 1-2, 2-3, 3-4, atd.

Fonte: Ševčík (1949)

Outro livro de exercícios técnicos muito importante é o *Cello Studies for Developing Agility, Strength of Fingers, and Purity of Intonation*, de Bernhard Cossmann (1822-1910). Este contém exercícios para a flexibilidade, resistência dos dedos, pureza da afinação, além de exercícios específicos para o desenvolvimento da independência dos dedos da mão esquerda, com estudos de combinações de ritmos e trinados em corda dupla, exercícios de agilidade dos dedos e estudos para a posição do polegar ou *capotasto*[9], que incluem intensivamente o uso do quarto dedo em posições mais altas. Todos esses aspectos tornam essa obra indispensável ao treinamento de violoncelistas. Esses exercícios são direcionados aos alunos avançados, mas também aos violoncelistas profissionais que desejam melhorar ou manter a força, independência e agilidade dos dedos da mão esquerda.

A seguir, demonstram-se exemplos de alguns exercícios mais importantes do livro. Todos devem ser tocados sempre muito afinados e ritmicamente precisos. As imagens a seguir mostram exercícios de força e independência dos dedos (Figura 90) e de agilidade, também dos dedos (Figura 91), com ritmos e trinados em cordas duplas.

Existem muitos livros de exercícios diários que poderiam ser mencionados aqui: como Feuillard[10], Starker[11] e outros mais. Muitos deles se inspiraram nos livros de Ševčík para fazer compêndios resumidos dos livros de exercícios desse autor. Este trabalho se limita àqueles que foram referenciados, pelo fato de serem mais completos e mais utilizados.

Para o aprimoramento do vocabulário motor e técnico de um violoncelista foram referidos, aqui, livros de escalas, arpejos e de exercícios diários; contudo, estes não trabalham as técnicas dentro de um contexto musical, ou seja, contêm exercícios motores mais isolados. Uma importante estratégia de aprendizagem de vocabulário motor é a prática de estudos, que se aborda a seguir.

---

9 Utilização do polegar para prender uma ou mais cordas em pestana, ou seja, mais de uma corda.

10 *Daily Exercises for Cello* por Louis R. Feuillard.

11 *An Organized Method of String Playing* por J. Starker

Figura 90 – Exercícios de força e independência dos dedos da mão esquerda, de B. Cossmann

Fonte: Cossman (2000)

Figura 91 – Exercícios de agilidade e resistência da mão esquerda, de B. Cossmann

Fonte: Cossman (2000)

Estudos

Estudos são obras musicais curtas, geralmente de uma ou duas páginas, com o objetivo de aprimorar um ou mais elementos técnicos dentro de um contexto musical. Os estudos representam boa parte da produção musical para o violoncelo, com o objetivo, também, de

aprimoramento do vocabulário motor do instrumentista. Muitos livros de Estudos foram escritos pelos mais importantes violoncelistas ao longo da evolução técnica do instrumento. Destacam-se, aqui, os 113 Estudos Progressivos de Dotzauer, os 21 Estudos de Duport, os 12 Caprichos de Piatti e os 40 Estudos Avançados de Popper, entre muitos outros. Cada um possui suas características próprias e todos apresentam grande diversidade de passagens técnicas e de abordagem de dificuldades motoras relevantes, tanto de mão esquerda (digitação) quanto de mão direita (técnicas de arco). Marun descreve como surgiram os primeiros os estudos:

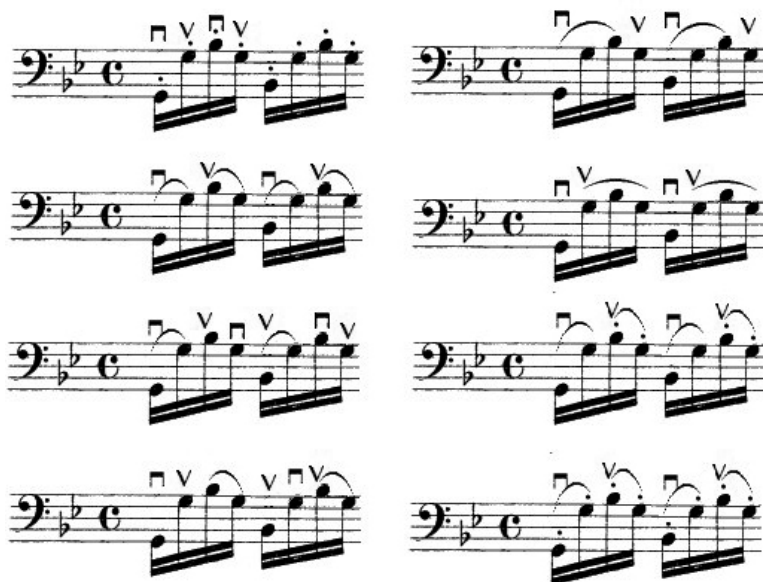
> No início do século XVIII, percebe-se um advento progressivo de obras virtuosísticas [...] e um crescente número de concertos para solista e orquestra com suas grandes cadências, abrindo assim possibilidades para o indivíduo demonstrar à audiência a sua técnica instrumental refinada. Assim sendo, a maioria dos intérpretes e compositores começou a preocupar-se seriamente com o aprimoramento desta habilidade técnica, almejando agradar cada vez mais o grande público. Iniciou-se assim uma forte demanda de obras musicais cujos objetivos eram a solução de uma dificuldade motora específica. (Marun, 2007)

Trata-se, portanto, de mais uma importante estratégia para um aprendizado motor eficaz: o investimento a longo prazo de um abrangente vocabulário motor técnico/musical através dos estudos. Como exemplo de técnica de arco (mão direita) tem-se o estudo n.7 de Duport (Figura 92).

Nesse estudo, a arcada original é uma ligadura de quatro em quatro notas, arcada de difícil execução porque o arco atravessa três cordas a cada movimento. Utiliza-se frequentemente esse estudo também em outras variações de arcadas: duas em duas notas ligadas, uma nota separada e três ligadas, e vice-versa, variando-se também os golpes de arco como: ligado, *detaché* e *spiccato volante*, conforme demonstrado na Figura 93, a seguir.

Figura 92 – Estudo n.7, 21 Estudos, de Jean-Louis Duport.

Fonte: Duport (1895)

Figura 93 – Variações de arcadas e golpes de arco para o estudo n.7 de Duport

Fonte: Duport (1895).

Com essas variações, cria-se uma grande diversidade de vocabulário motor para arcadas trabalhadas em um mesmo estudo. Esse estudo trabalha também a formação de acordes com a mão esquerda, ou seja, a digitação simultânea de três ou quatro notas, como visto anteriormente, um importante e difícil aspecto da técnica violoncelística. Esse trabalho de mão esquerda, em forma de acordes, conforme demonstrado na Figura 94, deve ser estudado anteriormente ao trabalho da mão direita e inicialmente dessa forma:

Figura 94 – Estudo n.7 de J. L. Duport, arranjado em acordes para o estudo da mão esquerda

Fonte: Duport (1895)

Em boa parte dos estudos, a técnica trabalhada (vocabulário motor) está embutida em sequências de notas ou padrões de fôrmas e mudanças de posição, mesclando vários tipos de técnicas. Entretanto, muitos estudos têm funções bastante específicas e trabalham apenas um tipo de técnica como vocabulário motor. Esse é o caso do estudo n.40 de D. Popper, reproduzido na Figura 95, a seguir.

Último estudo do livro de D. Popper, é praticamente todo escrito em harmônicos naturais, que são produzidos dividindo as cordas soltas com as notas da série harmônica[12], pressionando levemente a corda com os dedos da mão esquerda. Essa técnica requer extrema precisão da mão esquerda e também um eficiente método de memorização de distâncias de fôrma de mão, sistema tratado anteriormente no item 2.8 do Capítulo 2 desta Tese.

Alguns estudos são temáticos, como o n.19 de D. Popper intitulado *"Lohengrin" Study.* Esse estudo foi inspirado no início do terceiro ato da ópera *Lohengrin,* de Richard Wagner, uma das passagens mais virtuosísticas do repertório violoncelístico orquestral. Nas figuras 96 e 97, a seguir, compare-se a passagem da ópera de Wagner com o estudo de Popper.

12 *Série harmônica* é o conjunto de ondas sonoras composto da frequência fundamental e de todos os múltiplos inteiros desta frequência.

Figura 95 – Estudo em harmônicos naturais n.40 de D. Popper

Fonte: Popper (1982)

Figura 96 – Início do 3º ato da ópera Lohengrin de Richard Wagner

SCENE III. VIOLONCELLO.

Lebhaft.

Fonte: Wagner (1933)

Figura 97 – Estudo n.19 "Lohengrin" Study, de D. Popper

Popper — High School of Cello Playing

No. 19

*) ("Lohengrin" Study)

Allegro.

*) The first measure only of this Study has been taken from a Violoncello passage in the 3rd Act of "Lohengrin," which the cellists generally find somewhat difficult, especially in the tempo prescribed.

Fonte: Popper (1982)

Muitos outros estudos poderiam ser também mencionados. Apenas destacam-se, ainda, do livro do Popper: o estudo 25, para trabalho na ponta do arco; o estudo 37, para *mordentes*; o 27, para *spiccato* e escala cromática. Alguns outros estudos foram referenciados em outros capítulos deste trabalho.

No contexto do estudo do violoncelo, em que tanto conhecimento foi e continua sendo transmitido verbalmente, nas aulas, é um enorme privilégio ter esses trabalhos publicados e disponíveis, que têm transmitido, ao longo de gerações, o conhecimento de alguns dos maiores professores, cujas abordagens teriam se diluído ou perdido por completo, se não preservadas dessa forma.

Repertório de formação

O repertório violoncelístico de obras musicais é vasto em todas as formas de composição: concertos, sonatas, obras *solo* etc. Muitas dessas obras são estratégicas para a formação do violoncelista, não só pela necessidade profissional e artística de conhecê-las, mas também para a aquisição de um vocabulário técnico e musical que auxiliará em obras ainda mais desafiadoras. São, portanto, obras com função pedagógica, também, e, por agregarem essa característica, muitas delas acabaram entrando para o repertório *standard* de violoncelistas. São chamadas, aqui, de Repertório de Formação.

Poucas obras têm a dificuldade e exposição técnica do concerto de Haydn em Dó maior, utilizado para a fase de confronto em audições para ingresso nas orquestras do mundo inteiro. Entretanto, a Sonata em Sol maior de J. B. Bréval possui características técnicas similares ao Concerto de Haydn e serve como excelente preparação para o estudo desse concerto. As figuras 98 e 99 são reproduzidas aqui para que se comparem as passagens semelhantes desses dois concertos, enfatizando escalas em *capotasto* (polegar) e cruzamento de cordas com o movimento de arco chamado *manivela*[13]:

---

13 Movimento circular do arco e do pulso para tocar alternando sequencialmente duas cordas.

Figura 98 – Final do primeiro movimento da Sonata em Sol maior de Jean Baptiste Bréval

Fonte: Bréval (1904)

Figura 99 – 3º movimento do Concerto n.1 em Dó maior de J. Haydn

Fonte: Haydn (1982)

O Concerto de Dvořák em Si Maior, outro exemplo, é um grande desafio técnico de resistência. Grande e pesado tecnicamente, esse concerto requer muita intensidade e movimentação constante das duas mãos e dos braços, com vibrato e sonoridade constantes e por

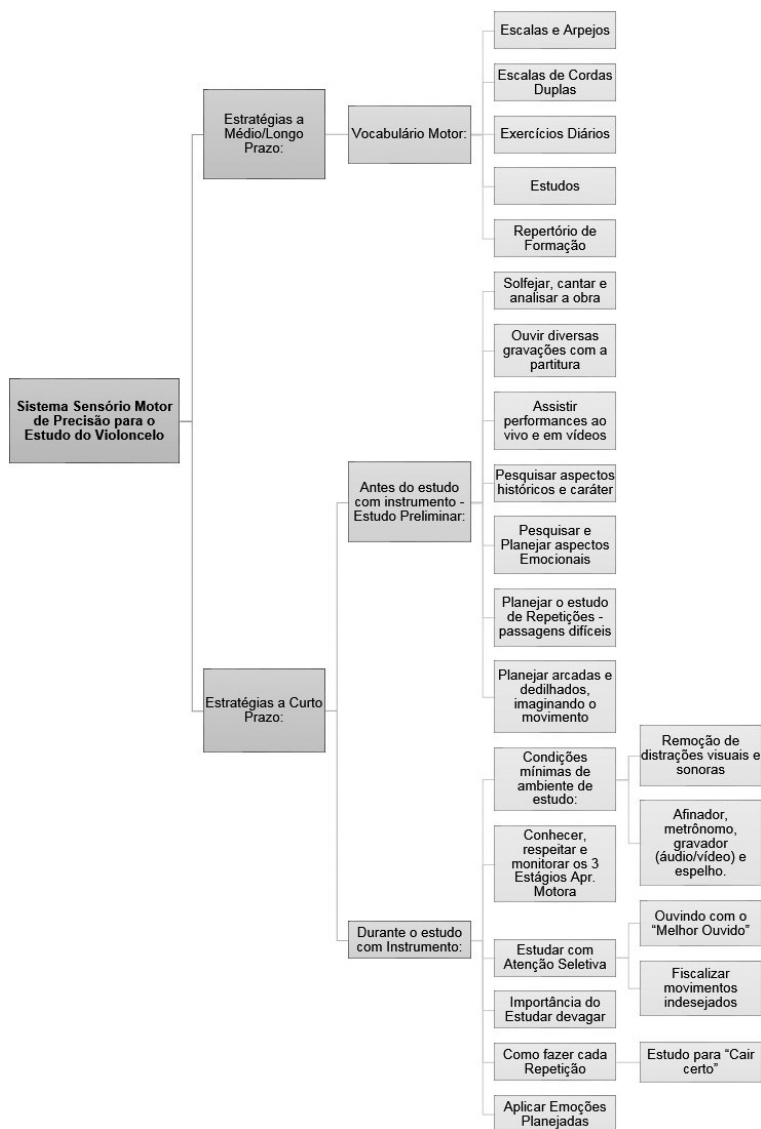
longos períodos. Todos os concertos românticos têm essas características, porém, na mesma proporção que o Concerto de Dvořák, são poucos. O Concerto em Ré menor de Édouard Lalo, apesar de exigir menos em técnicas avançadas que o de Dvořák, possui a mesma proporção de exigência da resistência, tornando-se uma boa preparação física para o Concerto em Si maior de Dvořák.

O que se conclui, portanto, é que todas as estratégias abordadas neste capítulo – o aprendizado e a prática constante de escalas, arpejos, cordas duplas, acordes, estudos e repertório de formação – representam importantes contribuições para a formação de um vocabulário motor completo, técnico e musical, além de se constituírem importante investimento para a aprendizagem das habilidades motoras (memória muscular) relacionadas ao violoncelo.

Conclusão

Ao longo deste estudo, evidenciou-se que a forma como o cérebro aprende, de maneira conectada e distributiva em todas as áreas de seu funcionamento, depende de algumas frentes estratégicas para a aprendizagem e memorização de novas habilidades motoras de precisão. Ressaltou-se a necessidade de se desenvolver um sistema básico que ajude o violoncelista a visualizar essas estratégias de maneira pedagógica e estruturada, para que nenhuma seja esquecida.

As estratégias encontradas como resultado desta pesquisa podem ser organizadas estruturalmente, como no diagrama da Figura 100, para melhor compreensão, formando um sistema, uma listagem organizacional de requisitos importantes para a aprendizagem motora de precisão no violoncelo. Inicialmente esse sistema é dividido em duas partes, por tempo de investimento de estudo que gerem benefícios em médio/longo prazo e curto prazo.

Figura 100 – Diagrama do sistema sensório-motor de precisão para o estudo do violoncelo

Fonte: elaboração própria

A seguir, apresenta-se a transcrição vertical do diagrama.

Sistema sensório-motor de precisão para o estudo do violoncelo

Estratégias para médio e longo prazo:
- Vocabulário motor:
  1. escalas e arpejos;
  2. escalas de cordas duplas;
  3. exercícios diários;
  4. estudos;
  5. repertório de formação.

Estratégias para curto prazo:
- Antes do estudo com instrumento – estudo preliminar:
  1. solfejar, cantar e analisar a obra;
  2. ouvir diversas gravações com a partitura;
  3. assistir performances ao vivo e em vídeos;
  4. pesquisar aspectos históricos e caráter;
  5. pesquisar e planejar aspectos emocionais;
  6. planejar o estudo de repetições – passagens difíceis;
  7. planejar arcadas e dedilhados, imaginando o movimento;

- Durante o estudo com instrumento:
  1. condições mínimas de ambiente de estudo:
     a. remoção de distrações visuais e sonoras
     b. afinador, metrônomo, gravador (áudio/vídeo) e espelho.
  2. conhecer, respeitar e monitorar os três estágios aprendizagem motora
  3. estudar com atenção seletiva
     a. ouvindo com o "melhor ouvido"
     b. fiscalizar movimentos indesejados
  4. importância do estudar devagar
  5. como fazer cada repetição
     a. estudo para "cair certo"
  6. aplicar emoções planejadas

Para as estratégias de trabalho para médio/longo prazo, tanto professor quanto aluno devem priorizar um planejamento gradativo de aprendizagem de um abrangente vocabulário motor como necessidade, o que foi evidenciado, nesta pesquisa, através dos argumentos de *chunk* e cópia eferente, pela utilização de escalas, arpejos, escalas de cordas duplas, exercícios diários, estudos e repertório de formação.

As estratégias de curto prazo se dividem em duas partes: (1) o que fazer antes do estudo com o instrumento e (2) o que fazer durante o estudo com o instrumento. O estudo anterior à utilização do instrumento – Estudo Preliminar – abrange tudo o que pode ser aprendido antes do estudo com o instrumento, como solfejar, cantar e analisar a obra musical ou movimento pretendido, ouvir diversas gravações com a partitura, assistir a performances ao vivo e em vídeos, pesquisar aspectos históricos e caráter da obra, pesquisar e planejar aspectos emocionais, planejar o estudo de repetições e planejar arcadas e dedilhados, imaginando o movimento etc. Verificou-se que todas essas estratégias já iniciam a aprendizagem motora e otimizam o estudo das repetições para evitar o erro. Porém, esse tipo de estudo preliminar também pode ser aplicado durante o aprendizado e amadurecimento de uma obra musical, deixando-se de lado, momentaneamente, o instrumento, a fim de revisitar essa fase de pesquisa e descobrir novas informações.

Para a fase do estudo com a utilização do instrumento, é importante garantir as condições mínimas para iniciar as primeiras tentativas motoras. Isso inclui a remoção de grandes distrações visuais e sonoras e a utilização de equipamentos como afinador, metrônomo, gravador (áudio/vídeo) e espelho, que ajudam no desenvolvimento da percepção e no monitoramento de possíveis erros. Nessa fase, é de grande relevância conhecer e monitorar os três estágios da aprendizagem motora – cognitivo, associativo e autônomo –, auxiliando o violoncelista na organização da prática, com base nas fases de aprendizagem cerebral para memórias motoras, respeitando-se as características de cada etapa. A atenção seletiva funciona como crivo, filtrando ou selecionado os movimentos de precisão, tanto para o foco auditivo de afinação ou ritmo quanto para movimentos ergonômicos da técnica.

Constatou-se, por meio dos estudos cognitivos pesquisados neste trabalho, que o estudo lento é a única forma de garantir boas repetições, sem a interferência de erros, memorizando os movimentos com maior precisão e por mais tempo, ou seja, um estudo apenas de acertos (de "cair certo"), através do qual memoriza-se sistematicamente

o movimento desejado. Compreendeu-se, também, o modo como o cérebro guarda memórias de repetições e a importância de que cada repetição seja feita com muito critério e precisão, para que não haja muitas opções erradas do movimento da mão e esta possa "ler" a memória correta com facilidade. Para tanto, e levando-se em consideração o objetivo traçado para esta pesquisa, sugere-se um sistema básico para estudo por repetições, que pode ser adaptado às necessidades de cada violoncelista. O sistema enfatiza a importância de se repetir e aprender o movimento de "cair certo"; o que se pretende é maximizar o valor do movimento correto para o objetivo desejado e evitar o movimento de correção.

O sistema inclui a estratégia de aplicação das emoções, tão importantes para o fortalecimento das memórias, tanto aquelas que foram planejadas no estudo preliminar quanto as que surgirão durante o processo de aprendizagem e desenvolvimento da obra.

Esta pesquisa sobre a memória muscular na performance do violoncelo foi motivada pela busca de soluções para um problema universal dos instrumentistas de violoncelo: o estudo do erro, ou seja, o estudo acerca da maneira inconsciente de se aprenderem movimentos errados, que podem ser de desafinação, de postura/ergonomia ou de imprecisão rítmica, entre outros. Outro motivo que levou à pesquisa foi a necessidade da redução do tempo de estudo e otimização da aprendizagem para todo o repertório violoncelístico.

Desenvolvida em cinco capítulos, esta pesquisa envolveu uma comparação e adaptação interdisciplinar de conceitos da área da neurociência, cognição, psicologia cognitiva e educação física para a performance musical. Uma vez compreendido que os recursos de pesquisa tradicionais da área de música não seriam suficientes para esclarecer cientificamente as questões relacionadas a uma melhoria da eficiência do estudo do violoncelo, ficou evidente a necessidade dessa colaboração. A experiência acumulada nessas outras disciplinas sobre a memória muscular – neste caso, a aprendizagem motora em movimentos dos membros superiores na performance de alto nível – abriu a possibilidade de uma adaptação dos conceitos para a performance do violoncelo, vistos sob uma nova ótica.

Dadas as similaridades entre o violoncelo e os demais instrumentos da família das cordas, que são instrumentos de arco e afinação não fixa, as perspectivas de adaptação do sistema sensório-motor que aqui se sugere mostram-se palpáveis. Em relação aos outros instrumentos musicais, a adaptação desse sistema pode ser especulada. Entretanto, em que pese o potencial de orientação espacial do instrumento e sua técnica, a partir das sugestões oferecidas sobre técnica violoncelística e do sistema sensório-motor proposto neste trabalho, pesquisas posteriores em outros instrumentos musicais antecipam-se como necessárias.

Finalmente, espera-se que esta pesquisa interdisciplinar sobre a memória muscular e performance do violoncelo, que resultou na sugestão de um sistema de base científica para o aprendizado sensório-motor de precisão, inspire outros violoncelistas, professores e pesquisadores a estudarem temas e questões da performance que dependem da comunicação e convívio da música com outras áreas do conhecimento.

Referências

Bibliografia

ACUNA, D. E., et al. Multi-faceted aspects of chunking enable robust algorithms. *Journal of Neurophysiology*, v.112, p.1849-1856, 2014.

ADAMS, J. A. A closed-loop theory of motor learning. *Journal of Motor Behavior*, v.3, p.111-49, 1971.

ALBUQUERQUE, F. S., SILVA, R. H. A amígdala e a tênue fronteira entre memória e emoção. *Revista de Psiquiatria,* Rio Grande do Sul, v.3, n.3, p.1-18, 2009.

ALLINGHAM, E. Why 10,000 hours of practice won't make you an expert. *The Strad*, Londres, 10 dez. 2019. Disponível em: https://www.thestrad.com/improve-your-playing/why-10000-hours-of-practice-wont-make-you-an-expert/9853.article?utm_source=adestra&utm_medium=email&utm_term=&utm_campaign=22203. Acesso em: 12 dez. 2019.

BADDELEY, A.; EYSENCK, M. W.; ANDERSON, M. C. *Memory*. New York: Psychology Press, 2010.

BADDELEY, A. *Your memory*: a user´s guide. New York: Firefly Book, 2004.

BIAGGI, V. B.; SOUZA, J. S.; SUETHOLZ, R.; MARUN, N. Influências de estratégias de estudo criativas, sem o uso do instrumento, na construção da performance musical. In: 5º Nas Nuvens... Congresso de Música. *Anais*... Minas Gerais: UFMG, 2019.

BORÉM, F. *Um sistema sensório-motor de controle da afinação no contrabaixo*: contribuições interdisciplinares do tato e da visão na performance musical.

2010. Tese (Pós-Doutorado) –Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2010.

BOWER, G. H.; CLARK, C. M. Narrative Stories as Mediators for Serial Learning. *Psychonomic Science*, v.14, n.4, p.181-182, 1969.

BRADY, T.; KONKLE, T.; ALVAREZ, G. A. A review of visual memory capacity: beyond individual items and toward structured representations. *Journal of Vision*, p.1-34, 2011.

CALLAN, D., et al. Song and speech: brain regions involved with perception and covert production. *Neuroimage*, v.31, n.3, p.1327-1342, 2006.

CAIRNEY, S. A. et al. Sleep Preserves Original and Distorted Memory Trace. *Revista Cortex*, p.39-44, 2017.

CALLEGARO, M. *O novo inconsciente*. Porto Alegre: Artmed, 2011.

CAMPBELL, S.K. et al. *Physical Therapy for Children*. 4.ed. Missouri: Saunders, 2011.

CHAPIN H., et al. Dynamic Emotional and Neural Responses to Music Depend on Performance Expression and Listener Experience. *Journals PLoS ONE*, v.5 n.12, 2010. Disponível em: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0013812. Acesso em: 21 dez. 2017.

CLARK, E. V. Desenvolvimento lexical tardio e formação de palavras. In: FLETCHER, P.; MACWHINNEY, B. *Compêndio da linguagem da criança*. Porto Alegre: Artes Médicas,1997. Cap.13, p.299-321.

COLLET, G. *Afinação em instrumentos de cordas – Violino e viola*. 2001. Tese (Doutorado) –Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2001

CULLEN, K.; SADEGHI, S. *Vestibular System*. *Scholarpedia*, v.3, n.1, p.3013, 2008. Disponível em: http://www.scholarpedia.org/article/Vestibular_system. Acesso em: 21 dez. 2017.

CUMMINS, D. D. A history of thinking. In: CUMMINS, R.; CUMMINS, D. D. (Ed.). *Minds, brains, and computers*: the foundations of cognitive science: an anthology. Oxford: Blackwell Publishers, 2000, p.14-19.

DALLA BELLA, S.; PERETZ, I.; ARONOFF, N. Time course of melody recognition: a gating paradigm study. *Perception & Psychophysics*, n.65, p.1019-28, 2003.

DAVIDOFF, L. L. *Introdução à psicologia*. 3.ed. São Paulo: Makron Books, 2001.

DICK, F.; LEE, H.; NUSBAUM, H.; PRICE, C. Auditory-motor expertise alters "speech selectivity" in professional musicians and actors. *Cerebral Cortex*, v.21, n.4, p.938-948, 2011.

DIEDRICHSEN, J.; KORNYSHEVA, K. Motor skill learning between selection and execution. *Trends Cogn Sci*, v.19, n.4, p.227-233, 2015. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25746123. Acesso em: 21 mai. 2018.

DROST, U.; RIEGER, M.; BRASS, M.; GUNTER, T. C.; PRINZ, W. Action-effect coupling in pianists. *Psychological Research*, v.69, n.4, p.233-241, 2005.

DUPORT, J. L. *Essay on fingering the violoncello and on the conduct of the bow*. Original de 1806 e traduzido para o inglês por John Bishop. Londres: Augener Limited, 1852.

FITTS, P. M.; POSNER, M. I. *Human performance*. Belmont, Brooks/Colemann, 1967.

FLESCH, C. *Die Kunst des Violinspiels*. Berlin: Ries & Erler, 1929.

GALAMIAN, I. *Interpretacion y Enseñanza del Violin*. Madrid: Ediciones Pirâmide, 1998.

GALLAGHER, J. D.; FRENCH, K. E.; THOMAS, K.; THOMAS, J. R. Expertise in youth sport: the relationship between knowledge and skill. In: SMOLL, F. L.; SMITH, R. E. (Eds.). *Children and youth sport*: a biopsychosocial perspective, Indianopolis: Brown & Benchmark, 1993.

GARDNER, H. *A arte, mente e cérebro*: uma abordagem cognitiva da criatividade. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.

GARDNER, H. *The mind´s new science*: a history of the cognitive revolution. New York: Basic Books, 1985.

GENTILE, A. M. A working model of skill acquisition with application to teaching. *Quest*, v.17, p.3-23, 1972.

GRAHN, J. A.; BRETT, M. Rhythm and beat perception in motor areas of the brain. *Journal of Cognitive Neuroscience*, v.19, n.5, p.893-906, 2007.

GRAHN, J. A.; ROWE, J. Feeling the beat: premotor and striatal interactions in musicians and nonmusicians during beat perception. *The Journal of Neuroscience*, v.29, n.23, p.7540-7548, 2009.

GRAHN, J. A. The role of the basal ganglia in beat perception. *The Neurosciences and Music III Disorders and Plasticity*, New York, v.1169, n.1, p.35-45, 2009.

GUNDERSEN, K. Muscle memory and a new cellular model for muscle atrophy and hypertrophy. Publisher: The Company of Biologists, *Journal of Experimental Biology*, v.219, p.235-242, 2016. Disponível em: http://jeb.biologists.org/content/219/2/235. Acesso em: 12 mai. 2018.

HAUEISEN, J.; KNÖSCHE, T. Involuntary motor activity in pianists evoked by music perception. *Journal of Cognitive Neuroscience*, v.13, n.6, p.786-792, 2001.

HENSCHEN, S. E. On the function of the right hemisphere of the brain in relation to the left in speech, music and calculation. *Brain*, v. 44, p.110–123, 1924.

HERROJO-RUIZ, M.; JABUSCH, H.; ALTENMÜLLER, E. Detecting wrong notes in advance: neuronal correlates of error monitoring in pianists. *Cerebral Cortex*, v.19, n.11, p.2625–2639, 2009.

HUBER, J. J. *Applying Educational Psychology in Coaching Athletes*. 1.ed. Ilinois: Human Kinetics, 2012.

IZQUIERDO, I. *Questões sobre memória*. São Leopoldo: Editora Unisinos, 2004.

JAMES, W. *The principles of psychology*. v. 1. New York: Henry Holt and Company, 1980.

JÄNCKE, L. Music, memory and emotion. *Journal of Biology*, v. 7, n. 21, p.21.1-21.5, 2008. Disponível em: http://jbiol.com/content/7/6/21. Acesso em: 16 jul. 2017.

JIN X., et al. Basal ganglia subcircuits distinctively encode the parsing and concatenation of action sequences. *Nat Neurosci*, v.17, p.423-430, 2014.

KALAT, J. W. *Introduction to psychology*. 5.ed. California: Brooks/Cole--Wadsworth, 1999.

KENNERLEY S. W., et al. Organization of action sequences and the role of the pre-SMA. *Journal of Neurophysiology*, v.91, p.978-993, 2004.

KOELSCH, S., et al. Investigating emotion with music: An fMRI study. *Human Brain Mapping*, v.27, n.3, p.239-250, 2006.

KOELSCH, S.; GUNTER, T. C.; VAN CRAMON, D. Y.; ZYSSET, S.; LOHMANN, G.; FRIEDERICI, A. D. Bach speaks: a cortical "language--network" serves the processing of music. *NeuroImage*, n.17, p.956-66, 2002.

KOELSCH S., et al. Music, language and meaning: brain signatures of semantic processing. *Nature Neuroscience*, v.7, p.302-307, 2004.

KOHLER, E.; KEYSERS, C.; UMILTA, M.; FOGASSI, L.; GALLESE, V.; RIZZOLATTI, G. Hearing sounds, understanding actions: action representation in mirror neurons. *Science*, v.297, n.5582, p.846-848, 2002.

LADEWIG, I.; GALLAGHER, J. D.; CAMPOS, W. Development of selective attention: relationship of dynamic cue use to varying levels of task interference. In: CONFERÊNCIA ANUAL DA NASPSPA, Minessota, 1994. *Anais*... Minessota: NASPSPA, 1994.

LADEWIG, I. A importância da atenção na aprendizagem de habilidades motoras. *Revista Paulista de Educação Física*, São Paulo, supl.3, p.62-71, 2000.

LAHAV, A.; SALTZMAN, E.; SCHLAUG, G. Action representation of sound: audio motor recognition network while listening to newly acquired actions. *Journal of Neuroscience*, v.27, n.2, p.308-314, 2007.

LASHLEY, K. S. The problem of serial order in behavior. In: The Hixon Symposium L.A. Jeffress ed., *Cerebral Mechanisms in Behavior*, p.112-146. New York: Wiley, 1951.

LEBRA, E. L. Engrama Cerebral. [s.l.], *lebraFisio*, 2011. Disponível em: http://www.iebrafisio.com.br/2011/12/engrama-cerebral.html. Acesso em: 24 nov. 2018.

LENT, R. *Cem blhões de neurônios*: conceitos fundamentais de neurociência. 2.ed. [s.l.]: Atheneu, 2010.

LEVITIN, D. J. Memory for musical attributes. In: LEVITIN, D. J. (Ed.) *Foundations of cognitive psychology*: core readings. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology, 2002. p.294-310.

LEVITIN, D. J.; MENON, V. Musical structure is processed in "language" areas of the brain: BRAIN ORGANIZATION FOR MUSIC PROCESSING, a possible role for Brodmann area 47 in temporal coherence. *Neuroimage*, v.20, p.2142-52, 2003.

LIBERMAN, A.; MATTINGLY, I. The motor theory of speech perception revised. *Cognition*, Netherlands, v.21, n.1, p.1-36, 1985.

LUCCIO, R. Gestalt Psychology and Cognitive Psychology. *Humana.Mente Journal of Philosophical Studies*, v. 17, p.95-128, 2011.

MAIDHOF, C.; KOELSCH, S. Music and Action. Sound – Perception – Performance. *Current Reserch in Systematic Musicology*, Berlin, v.1, n.6, p.157-180, 2013.

MAIDHOF, C.; RIEGER, M.; PRINZ, W.; KOELSCH S. Nobody is perfect: ERP effects prior to performance errors in musicians indicate fast monitoring processes. *PLoS ONE Journals*, v.4, n.4, 2009.

MALDONADO, D. J. et al. Early lexical development in Spanish-speaking infants and toddlers. *Journal of Child Language*, v.20, p.523-549, 1993.

MARUN, N. F. *A técnica para piano de Johannes*: origens, os 51 exercícios e as relações com a obra pianística do compositor. 2007. 253 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Artes da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

MILLER, G. A. The cognitive revolution: a historical perspective. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 7, n. 3, p.141-144, March 2003. Disponível em: http://www.cs.princeton.edu/~rit/geo/Miller.pdf. Acesso em: 3 fev. 2017.

MILLER, G. A. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *The Psychological Review*, n.63, p.81-97, 1956.

MÜNTE, T. F.; ALTENMÜLLER, E.; JÄNCKE, L. The musician's brain as a model of neuroplasticity. *Nature Reviews Neuroscience*, v.3, p.473-478, 2002.

NICOLELIS, M. *Muito além do nosso eu*: a nova neurociência que une cérebro e máquinas e como ela pode mudar nossas vidas. São Paulo: Companhia das Letras, 2011.

O'SULLIVAN, S. B.; SCHMITZ, T. J. *Physical Rehabilitation*: Assessment and Treatment. 3.ed. Philadelphia: F.A. Davis Company, 1994.

PATEL, A. Language, music, syntax and the brain. *Nature Neuroscience*, v.6, p.674-681, 2003.

PRINZ, W. A common coding approach to perception and action. In: Neumann O, Prinz W (eds.) *Relationships between perception and action*. New York, Springer, p.167-201, 1990.

PROPRIOCEPÇÃO. *Dicionário Aurelio Online*. 19 abr. 2018. Disponível em https://dicionariodoaurelio.com/propriocepcao. Acesso em: 22 dez. 2018.

RHOTON, A. L. *Cranial Anatomy and Surgical Approaches*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins Press, 2007.

RIZZOLATTI, G.; SINIGAGLIA, C. The functional role of the parieto--frontal mirror circuit: interpretations and misinterpretations. *Nature Reviews Neuroscience*, v.11, n.4, p.264-274, 2010.

ROSENBAUM D. A., et al. Hierarchical control of rapid movement sequences. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, v.9, p.86-102, 1983.

SACKS, O. *Alucinações musicais*: relatos sobre a música e o cérebro. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.

SAKAI K., et al. Chunking during human visuomotor sequence learning. *Experimental Brain Research*, v.152, p.229-242, 2003.

SCARBOROUGH, H. S. Early syntactic development of dyslexic children. *Dyslexia*, v. 41, p.207-220, 1991.

SCHMIDT, R. A.; LEE, T. D. *Motor control and learning*: a behavioral emphasis. 4.ed. Champaign, IL: Human Kinetics, 2005.

SHAFFER, L. H. Analyzing Piano Performance: A Study of Concert Pianists. *Advances in Psychology*, n.1, p.443-455, 1980.

SILVA, R. *A audiação notacional em músicos profissionais*: um estudo sobre a construção imagética da partitura musical diante das limitações da memória. 2015. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, 2015.

SIMON, H. A. *Models of thought*. v.2. New Haven: Yale University Press, 1989.

SNYDER, B. *Music and memory*: an introduction. London: MIT Press, 2000.

STERNBERG, R. J. *Psicologia cognitiva*. Tradução de Roberto Cataldo Costa. 4a. edição. Porto Alegre: Artmed, 2008.

SUCHOW, J. W.; FOUGNIE, D.; BRADY, T. F.; ALVAREZ, G. A. Terms of the debate on the format and structure of visual memory. *Attention, Perception & Psychophysics*, v.76, n.7, p.1-9, 2014. Disponível em: http://scorsese.wjh.harvard.edu/George/pdfs/Suchow-etal-2014-APPTermsOfDebate-Online.pdf. Acesso em: 3 mar. 2017.

VEZZÁ, F. M. G. *Afinar o movimento*: educação do corpo no ensino de instrumentos musicais. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

VYGOTSKY, L. *Immaginazione e creativitánell'età in fantile*. Roma: Editori Riuniti, 1972.

WARREN, J.; SAUTER, D.; EISNER, F.; WILAND, J.; DRESNER, M.; WISE, R. Positive emotions preferentially engage an auditory-motor "mirror" system. *Journal of Neuroscience*, v.26, n.50, p.13067-13075, 2006.

WOLPERT, D. M.; MIALL R. C. Forward Models for Physiological Motor Control. *Neural Networks*, v.9, n.8, p.1265-1279, 1996. https://doi.org/10.1016/S0893-6080(96)00035-4

WORTHEN, J. B.; HUNT, R. R. *Essays in cognitive psychology. Mnemonology*: mnemonics for the 21st Century. New York: Psychology Press, 2011.

WYMBS N. F. et al. Differential recruitment of the sensorimotor putamen and frontoparietal cortex during motor chunking in humans. *Neuron*, v.74, p.936-946, 2012.

Partituras

BACH, J. S. *6 Suites a Violoncello Solo senza Basso BWV 1007-1012*. Kassel: Bärenreiter, 2000. 1 partitura (p. 95). Violoncelo.

BRÉVAL, J. B. *Sonata G-dur Violoncello & Piano*. Berlin: N. Simrock, 1904. 1 partitura (18p.). Violoncelo.

COSSMANN, B. *Cello Studies*. Mainz: Schott, 2000. 1 partitura (36p.). Violoncelo.

DUPORT, J. L. 21 *Etüden für Violoncello*. Leipzig: Peters, 1895. 1 partitura (72p.). Violoncelo.

DVOŘÁK, A. *Cello Concerto in B minor, Op.104*. London: Simrock, 1896. 1 partitura (63p.). Violoncelo e orquestra.

ELGAR, E. *Cello Concerto in E minor, Op. 85*. Kassel: Bärenreiter, 2005. 1 partitura (p. 15). Violoncelo e orquestra.

FLESCH, C. *Scale System for Violoncello*. New York: Carl Fischer, 1988. 1 partitura (132p.). Violoncelo.

GALAMIAN, I. *Scale System for Violoncello*. Edited by Hans Jorgen Jensen. Boston: Galaxymusic, 1994. 1 partitura (240p.). Violoncelo.

HAYDN, J. *Cellokonzert in D-Dur, Op. 101*. Mainz: Schott, 1982. 1 partitura (34p.). Violoncelo e orquestra.

HAYDN, J. *Concerto in C major, Hob. VIII, n.1, Cello & Piano*. New York: International, 1962. 1 partitura (32p.). Violoncelo.

KLENGEL, J. *Technical Studies for Cello Volume II*. New York: International, 1960. 1 partitura (57p.). Violoncelo

LALO, E. *Violoncellokonzert d-moll*. Munique: Henle, 2009. 1 partitura (15p.). Violoncelo.

LOCATELLI, P. *Sonata in D major for Cello and Piano, Op. 6 n. 6*. New York: International, 1950. 1 partitura (15p.). Viloncelo e Piano.

POPPER, D. *40 Studies:* High School of Cello Playing, Op. 73. New York: International, 1982. 1 partitura (88p.). Violoncelo.

SAINT SAËNS, C. *1er Concerto pour Violoncelle et Orquestre, Op. 33*. Paris: Durand et Fils, 1909. 1 partitura (32p.). Orquestra.

SCHUBERT, F. *String Quartet "The Death and the Maiden" in D minor*. Munique: Henle, 2006. 1 partitura (82p.). Violoncelo.

SCHUMANN, R. *Concerto in A minor, Op. 129*. New York: International, 1960. 1 partitura (16p.). Violoncelo.

ŠEVČÍK, O. *Violoncello Works Op. 3, Forty Variations*. London: Bosworth, 1905. 1 partitura (19p.). Violoncelo.

ŠEVČÍK, O. *Cello Studies:* School Of Bowing Technique Op. 2. London: Bosworth, 2005. 1 partitura (32p.). Violoncelo.

ŠEVČÍK, O. *Changing the Positions Opus 8, for Cello*. Pennsylvania: Elkan-Vogel, 1949. 1 partitura (24p.). Violoncelo.

TCHAIKOVSKY, P. *Symphony n.4, Op. 36*. New York: E.F. Kalmus, 1960. 1 partitura (303p.). Orquestra.

VERDI, G. *Offertorium da Missa de Requiem, retirado do caderno de excertos da Osesp*. São Paulo: OSESP, 2018. 1 partitura (24p.). Orquestra.

WAGNER, R. *Lohengrin, WWV 75:* Cello part. Florida: Kalmus, 1933. 1 partitura (39p.). Violoncelo.

YAMPOLSKY, M. *Violoncello Technique*. Minnesota: Hal Leonard, 1985. 1 partitura (84p.). Violoncelo.